

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“CAPACIDAD PORTANTE DE SUELO COHESIVO  
ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO EN  
10%, 15% Y 25%”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Renzo José Guerrero Malpica

Asesor:

Ing. Iván Hedilbrando Mejía Díaz

Cajamarca - Perú

2019

## DEDICATORIA

A mi madre, por estar conmigo, por enseñarme a crecer y a seguir adelante y cumplir todo lo que me propongo, por todo el apoyo que me brindó desde el inicio hasta el final de esta etapa de mi vida, por ser la base primordial que me ayudó a llegar hasta aquí.

A mi familia, a mis hermanos quienes han sido fundamental lograr este objetivo, ellos son los que me ayudaron a no renunciar siendo protagonistas de este “sueño alcanzado”.

## AGRADECIMIENTO

A mi madre, quien me apoyó en todo momento, a mis hermanos y a mi familia, quienes me dieron apoyo moral y afectivo cuando me sentía caer, que me apoyaron con su tiempo y comprensión en mis estudios.

Agradezco a la Universidad Privada del Norte, que, con sus docentes, lograron pulir mis facultades y lograr mi titulación en la carrera de Ingeniería Civil.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1. Realidad problemática .....	11
1.2. Formulación del problema .....	23
1.3. Objetivos.....	23
1.3.1. Objetivo general.....	23
1.3.2. Objetivos específicos .....	23
1.4. Hipótesis .....	24
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
2.1. Tipo de investigación.....	25
2.2. Diseño de investigación .....	25
2.3. Variables de Estudio .....	25
2.4. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	25
2.4.1. Unidad de estudio .....	25
2.4.2. Población .....	25
2.4.3. Muestra .....	25
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de dato.....	26
2.6. Procedimiento .....	27
2.6.1. Procedimiento de recolección de datos .....	27
2.6.2. Procedimiento de análisis de datos .....	28
2.6.3. Ubicación de las Canteras .....	28
2.6.4. Extracción de las Muestras .....	31
2.6.5. Contenido de Humedad.....	32
2.6.6. Análisis Granulométrico por Lavado .....	32
2.6.7. Límites de Plasticidad .....	32
2.6.8. Clasificación SUCS .....	32
2.6.9. Proctor Modificado .....	32
2.6.10. Capacidad Portante CBR .....	32
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
3.1. Contenido de humedad .....	33
3.2. Límites de Plasticidad .....	34
3.3. Granulometría por lavado .....	38
3.4. Clasificación SUCS .....	41
3.5. Proctor Modificado .....	43
3.6. California Bearing Radio (CBR).....	44

<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>45</b>
4.1. Discusión .....	45
4.1.1. Clasificación SUCS .....	45
4.1.2. Proctor Modificado .....	45
4.1.3. California Bearing Radio (CBR).....	48
4.1.4. Recomendaciones .....	50
4.2. Conclusiones.....	51
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>54</b>
ANEXO N°1 - PANEL FOTOGRÁFICO.....	55
ANEXO N°2 – PROTOCOLOS DE ENSAYOS.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Efectividad de los agentes estabilizadores.....	17
Tabla 2: Valores de los límites de Atterberg para los minerales de arcilla.....	20
Tabla 3: Población.....	25
Tabla 4: Muestra.....	26
Tabla 5: Contenido de humedad cantera shultín.....	33
Tabla 6: Contenido de humedad cantera guitarrero.....	33
Tabla 7: Contenido de humedad cantera shudal.....	33
Tabla 8: Límite líquido shultín.....	34
Tabla 9: Límite plástico shultín.....	34
Tabla 10: Límites de consistencia shultín.....	35
Tabla 11: Límite líquido guitarrero.....	35
Tabla 12: Límite plástico guitarrero.....	35
Tabla 13: Límites de consistencia guitarrero.....	36
Tabla 14: Límite líquido shudal.....	36
Tabla 15: Límite plástico shudal.....	37
Tabla 16: Límites de consistencia shudal.....	37
Tabla 17: Granulometría "shultín".....	38
Tabla 18: Granulometría "guitarrero".....	39
Tabla 19: Granulometría "shudal".....	40
Tabla 20: Clasificación SUCS shultín.....	41
Tabla 21: Clasificación SUCS guitarrero.....	41
Tabla 22: Clasificación SUCS shudal.....	42
Tabla 23: Clasificación AASHTO shultín.....	42
Tabla 24: Clasificación AASHTO guitarrero.....	43
Tabla 25: Clasificación AASHTO shudal.....	43
Tabla 26: Resultados proctor modificado.....	43
Tabla 27: Resultados california bearing ratio (CBR).....	44
Tabla 28: Resumen clasificación SUCS.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de una muestra de suelo, para indicación de símbolos usados .....	16
Figura 2: Ubicación cantera shultín.....	29
Figura 3: Ubicación cantera guitarrero.....	30
Figura 4: Ubicación cantera shudal .....	31

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva de fluidez shultín .....	34
Gráfico 2: Curva de fluidez guitarrero .....	36
Gráfico 3: Curva de fluidez shudal.....	37
Gráfico 4: Granulometría "shultín" .....	38
Gráfico 5: Granulometría "guitarrero".....	39
Gráfico 6: Granulometría "shudal" .....	40
Gráfico 7: Esfuerzo vs penetración "muestra patrón".....	44
Gráfico 8 CBR - densidad seca "muestra patrón".....	44
Gráfico 9: Densidad máxima seca sulfato de calcio .....	46
Gráfico 10: Humedad óptima sulfato de calcio .....	46
Gráfico 11: Densidad máxima seca cal .....	47
Gráfico 12: Humedad óptima cal.....	47
Gráfico 13: CBR con sulfato de calcio .....	48
Gráfico 14: Variación en porcentaje de la muestra patrón con muestras con sulfato de calcio .....	48
Gráfico 15: CBR con cal .....	49
Gráfico 16: Variación en porcentaje de la muestra patrón con muestras con cal .....	49



## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Extracción de la muestra de la cantera.....	55
Fotografía 2: Secado de Material.....	55
Fotografía 3: Elaboración del ensayo "Contenido de Humedad" .....	56
Fotografía 4: Tesista en el horno de secado para la elaboración del ensayo "Contenido de Humedad" .....	56
Fotografía 5: Realización del ensayo "Límites de Atterberg" .....	57
Fotografía 6: Muestras del ensayo "límites de atterberg".....	57
Fotografía 7: Realización del ensayo "análisis granulométrico mediante lavado" .....	58
Fotografía 8: Chancado de material para realizar los ensayos de proctor y CBR.....	58
Fotografía 9: Realización del ensayo "proctor modificado" .....	59
Fotografía 10: Tesista junto al asesor en la realización del ensayo "CBR" .....	59
Fotografía 11: Moldes con las muestras del ensayo "CBR" .....	60
Fotografía 12: Preparación de los moldes para ensayo "Hinchamiento" .....	60
Fotografía 13: Realización del ensayo "hinchamiento" .....	61
Fotografía 14: Drenado de los moldes luego del ensayo "hinchamiento" .....	61
Fotografía 15: Realización del ensayo "carga – penetración" .....	62

## RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis fue determinar la capacidad portante de suelo cohesivo estabilizado en 10%, 15% y 25% de Cal y Sulfato de Calcio por reemplazo. Analizando los suelos de 3 canteras: Shultín, El Guitarrero y Shudal, se obtuvo mediante ensayos de laboratorio la clasificación por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos "SUCS": CL (Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media), ML (Limos inorgánicos) y MH (Limos inorgánicos o arcillas de plasticidad alta) respectivamente; se determinó que el suelo más cohesivo fue el último. Se procedió a realizar los ensayos sin agente estabilizador; y luego con la adición de Sulfato de Calcio y Cal en proporciones de 10%, 15% y 25%.

Para el ensayo Proctor Modificado, se obtuvo una densidad máxima seca de 1.654gr/cm<sup>3</sup> en la muestra patrón, 1.577gr/cm<sup>3</sup>, 1.545gr/cm<sup>3</sup> y 1.527gr/cm<sup>3</sup> para 10%, 15% y 25% de Sulfato de Calcio; y 1.559gr/cm<sup>3</sup>, 1.560gr/cm<sup>3</sup> y 1.561gr/cm<sup>3</sup> para 10%, 15% y 25% de Cal respectivamente.

Para el ensayo CBR, se obtuvo un valor de 2.70 en la muestra patrón, 7.00, 4.10 y 4.00; con 10%, 15% y 25% de sulfato de calcio, aumentando en 159%, 52% y 58% respectivamente; y 11.20, 10.80 y 10.60 para 10%, 15% y 25% de cal, aumentando en 315%, 300% y 293% respectivamente; se confirma la hipótesis planteada al incrementar el valor CBR en más de 5% con la adición de ambos estabilizadores.

**Palabras clave:** Suelo, Estabilización, Cal, Sulfato de Calcio, Cohesivo.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En nuestra carrera de Ingeniería Civil uno de los problemas frecuentes que podemos encontrar como profesionales son respecto a los suelos que no cumplen con las características deseadas o mínimas permitidas. Muchas veces es necesario realizar grandes movimientos de tierra para reemplazar el suelo destinado para la obra, lo que genera una mayor inversión para el propietario o para el estado.

La estabilización de un suelo es un proceso que tiene por objeto aumentar su resistencia a la deformación, disminuir su sensibilidad al agua, controlar la erosión y los cambios de volumen. Con ello se puede aprovechar suelos de baja calidad e incluso inadecuados en el cimiento del pavimento (Kraemer et al. 2004).

Según Das (2012), los fines principales de la estabilización de un suelo son:

- Modificar sus características físicas,
- Agilizar la construcción y
- Mejorar la resistencia y durabilidad del mismo.

Álvarez Pabón (2010), indica que es el conjunto de procesos físicos y químicos que tienden a modificar las propiedades de los suelos que interesan para un determinado uso en la ingeniería, logrando como objetivo que la mezcla (material + estabilizante) sea el adecuado para cierto fin, reemplazando este a otros materiales no disponibles o más costosos.

La estabilización de suelos con aditivos es una técnica muy utilizada en Ingeniería Civil que sirve para mejorar las propiedades físicas y mecánicas, sus parámetros son la alta plasticidad, baja permeabilidad y capacidad de soporte

del terreno, lo que los hacen inadecuados para su uso como materiales de construcción. La adición de materiales tales como cal, yeso, cemento y otros aditivos, se utiliza con frecuencia en los suelos críticos, estabilizándolos para mejorar su resistencia (Sánchez, Castro, Ureña, & Azañon, 2014).

Para aplicar métodos químicos, el Profesional Responsable deberá sustentar mediante un estudio técnico, que el suelo alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad. Por ningún motivo se debe emplear más del 8% de Cal en el suelo, ya que se aumenta la resistencia, pero también la plasticidad. (RNE C.E. 020, 2012).

En los terrenos arcillosos, particularmente en climas áridos o semiáridos, es altamente probable encontrar problemas relacionados con inestabilidades volumétricas ante la ganancia o pérdida de agua. Existen en la práctica diversos métodos para estabilizar tales suelos; cada método, utiliza diferentes agentes estabilizadores, entre los que se pueden encontrar: la cal, el cemento Portland, productos asfálticos, ácidos orgánicos, resinas y polímeros, sales entre otros. (Diaz & Mejía, 2004).

En la naturaleza, por las condiciones climáticas las arcillas expansivas sufren cambios importantes de contenido de agua: en época de lluvias el estrato superior se satura y en época de estiaje se produce el fenómeno de desecación y esta capa superficial se comporta como un suelo parcialmente saturado (Camarena, Ordoñez, & Guichard, 2014).

Para Fratelli (1993), la compresibilidad de los suelos es una característica propia que los distingue de la roca dura y de otros cuerpos sólidos, y consiste en poder variar substancialmente su estructura interna, volviéndose más compactos, con una reducción de su volumen. Si se comprime una masa

húmeda de arcilla, la humedad y el aire pueden ser expulsados, lo que genera una reducción de volumen que no se recupera inmediatamente cuando se elimina la carga.

Juárez y Rico (2005), señalan que las arcillas están constituidas básicamente por silicatos de aluminio hidratados, presentando, además, en algunas ocasiones, silicatos de magnesio, hierro u otros metales, también hidratados. Estos minerales tienen, casi siempre, una estructura cristalina definida, cuyos átomos se disponen en láminas: la sílica y la alumínica.

Das (2012) considera que, en general, las arcillas expansivas tienen un límite líquido e índice de plasticidad mayores que 40 y 15, respectivamente. Además, señala que la profundidad en un suelo hasta la cual pueden ocurrir cambios periódicos de humedad suele referirse como zona activa.

En Cajamarca, la gran cantidad de construcciones de viviendas sin asistencia profesional, es decir por un Ingeniero Civil, puede causar problemas ante desastres naturales y/o otros problemas, la construcción en suelos inestables puede causar el colapso de las edificaciones, así como pérdidas humanas y materiales.

Se han realizado estudios a nivel internacional, nacional y local, buscando solucionar problemas de inestabilidad de los suelos, con los cuales se han obtenido resultados favorables en su mayoría.

Altamirano G. & Diaz A. (2015) en su investigación “Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, Municipio Potosí – Rivas concluyó que al analizar un suelo cohesivo con cal aumento favorablemente en su mayoría las propiedades de este suelo que se tomaron, asimismo el CBR, aumento en más del 10%.

Di Rado, Héctor R. – Fabre, Viviana E. – Miño y Federico D. (2000), en su artículo científico sobre estabilización de suelos con tanino, consistió en agregar a un suelo natural un compuesto estabilizante cuyo componente principal es tanino ya antes mezclado con agua y un aldehído, las que se agregaron en diferentes proporciones las cuales fueron 5%, 10 %, 15%, 20%, para cada uno se prepararon 6 probetas aplicando 5 capas de compactación , interesados en saber la influencia de los días de curado en la resistencia, dando un total de 250 probetas, la primera etapa fue preparar mezcla de Tanino + Formol + Agua y se incorporó al suelo, luego se ensayaron las probetas a la prueba de compresión. Los resultados obtenidos dieron como exitoso el proyecto, ya que se pudo alcanzar el mejoramiento buscado en el suelo natural mediante el agregado de diferentes resinas conformadas por tanino y formol, el suelo logró una notable ganancia en la impermeabilidad, manteniendo firme su estabilidad cuando es sometido a la acción del agua, debiendo considerarse adecuados ensayos de laboratorio realizados sobre cada tipo de suelo cuyo comportamiento mecánico e hidráulico se desee mejorar.

Espinoza, 2012, en su Tesis de Investigación “Uso de Estabilizantes Químicos en la Mejora de las Propiedades Físicas y Mecánicas de los Suelos de Fundación Limosa o Arcillosa”, concluye que el aumento de la capacidad de soporte de terreno varía entre 75% a un 125% a 14 semanas después de la compactación.

Jara, R (2014), en su Tesis de Investigación “Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso”, concluye que los resultados obtenidos de ésta evaluación de estabilización son variaciones muy grandes, en el índice de plasticidad bajó a un valor de 9.23 con la adición de cal a 6% siendo el Índice

de plasticidad inicial de 36.87 con la adición de cal al 0%, y una variación considerable en el CBR (capacidad de soporte), logrando alcanzar un valor de 11.48% al adicionarle cal al 4% siendo el CBR con cal al 0% de 2.55%.

Villacreces (2012) Estudió la evaluación de oxidación para tratamiento de suelos contaminados, aplicando un reactivo llamado Fenton a nivel de laboratorio como opción para disminuir tiempo de tratamiento en suelos contaminados, el proceso se llevó a cabo con la recolección de 3 muestras de suelo limpio de diferente textura y 2 muestras de sitios contaminados, las muestras limpias fueron contaminadas con hidrocarburos y sometidas a diversos experimentos con 2 concentraciones 5 y 15 % respectivamente; la conclusión a la que se llegó fue que la efectividad de la oxidación química depende de factores como textura del suelo, materia orgánica y concentración de altos de materia orgánica.

Sánchez, Castro Ureña & Azañón, (2014). En su artículo “Estabilización de suelos arcillosos y margas, utilizando residuos industriales: PH e indicadores granulométricos”, concluye que la cal dolomítica era tan eficaz como la cal comercial 12 para modificar las propiedades de ambos tipos de suelos.

“Suelo” es un término del que hacen uso diferentes profesantes. La interpretación varía de acuerdo con sus respectivos intereses. Para los fines de esta obra, la palabra suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. (Juárez, 2005)

En 2004, Crespo dice que la mecánica es la parte de la ciencia física que trata de la acción de las fuerzas sobre los cuerpos. De igual forma, la mecánica de suelos es la rama de la mecánica que trata de la acción de las fuerzas sobre la

masa de los suelos. El Dr. Karl Terzaghi definió a la mecánica de suelos como la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de la ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producto de la desintegración química y mecánica de rocas. En un suelo se distinguen 3 fases constituyentes: la sólida, la líquida y la gaseosa. La fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo (incluyendo la capa sólida absorbida); la líquida por el agua (libre, específicamente), aunque en los suelos pueden existir otros líquidos de menor significación; la fase gaseosa comprende sobre todo el aire, si bien pueden estar presente otros gases (vapores sulfurosos), anhídrido carbónico, etc.). La capa viscosa del agua es adsorbida que presenta propiedades intermedias entre la fase sólida y la líquida, suele incluirse en esta última, pues es susceptible de desaparecer cuando el suelo es sometido a una fuerte evaporación (secado). La fase líquida y gaseosa del suelo suele comprenderse en el Volumen de Vacíos, mientras que la fase sólida constituye el Volumen de los sólidos. (Juárez, 2005)

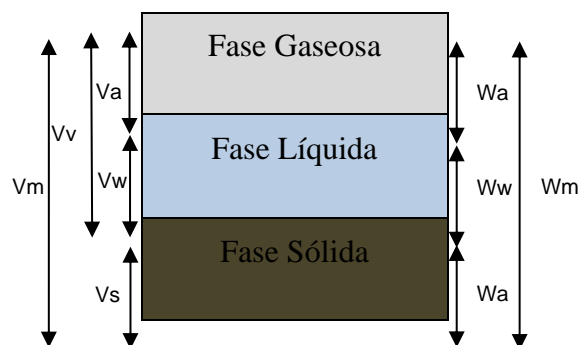


Figura 1: Esquema de una muestra de suelo, para indicación de símbolos usados  
Fuente: Mecánica de Suelos, Juárez B. 2005

Se aplican métodos químicos en la estabilización de suelos, en caso que:

- No cumpla con los requisitos mínimos de resistencia o deformación para sustentar obras de ingeniería civil.



- No pueda ser empleado en condiciones naturales.
- No pueda ser reemplazado o eliminado.

El producto terminado de suelo con aditivo, deberá presentar mejores características de resistencia, con control volumétrico y de polvo superficial, tanto en la etapa de construcción como de servicio. De requerirse mejoras en el comportamiento estructural, debe emplearse aditivos en suelos que contengan más de 25% de finos cohesivos. Estos aditivos también deben ser controladores de polvo. En caso que el estabilizador sea líquido soluble en agua se debe tener en cuenta la evaporación, observando la pérdida de humedad en el suelo, su solidificación y el aumento de la cohesión y resistencia. (RNE C.E. 020, 2012).

La efectividad de los agentes estabilizadores debe cumplir con lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 1:  
*Efectividad de los agentes estabilizadores*

<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>Arcillas Finas</b>	<b>Arcillas Gruesas</b>	<b>Limos Finos</b>	<b>Limos Gruesos</b>	<b>Arenas Finas</b>	<b>Arenas gruesas</b>
<b>Tamaño de partícula (mm)</b>	< 0.0006	0.0006 - 0.002	0.002 - 0.01	0.01 - 0.06	0.06 - 0.4	0.4 - 2.0
<b>Estabilidad volumétrica</b>	Muy pobre	Regular	Regular	Bueno	Muy bueno	Muy bueno
<b>CAL</b>	SI	SI	SI			
<b>CEMENTO</b>	NO	NO	NO	NO	SI	SI
<b>ASFALTO</b>					SI	SI

Fuente: (RNE CE.020, 2012)

Para la estabilización de los suelos, mezcla de arena y arcilla, cualquiera que sea la proporción de sus elementos, cuando tienen una cantidad adecuada de humedad, son estables y pueden resistir perfectamente un tráfico relativamente intenso sobre la arena, material incoherente. Sin embargo, el terreno natural

tiene graves inconvenientes; solamente en momentos determinados es un firme estable; se convierte en polvo o barro en cuanto la proporción de humedad varía de la que exige, en cada caso, su naturaleza. La observación de los hechos indicados y el estudio científico de las propiedades de los suelos, ha creado una técnica de gran interés, para su estabilización, con un doble fin: construir caminos de costo reducido, perfectamente aceptables para ciertos límites de tráfico, y cimientos capaces de soportar con la debida permanencia de sus características, las cargas que transmiten las capas de rodadura de alta calidad. (Marquina, 2008).

Existen diversos tipos de estabilización y mejoramientos de suelos para carreteras, en donde es importante tener conocimiento de conceptos teóricos, prácticos y experimentales sobre características y propiedades de los suelos en especial el comportamiento de los suelos finos, con la finalidad de obtener el método apropiado de estabilización que puede ser mecánica o química, para un tipo de suelo en especial teniendo en cuenta consideraciones climatológicas, regionales, criterios técnicos de resistencia-durabilidad y aspectos económicos. (Marquina, 2008).

La estabilización con sulfato de calcio, también llamado yeso, ayuda a que exista poca contracción, así como a lograr una resistencia alta, al realizar la mezcla con el suelo no necesita periodos largos de curado, porque el yeso se endurece rápidamente con el agua. También sirve como apoyo de aditivo para acelerar el fraguado en las mezclas de suelo-cemento, es un estabilizador químico económico en el área de la construcción.

Se realizarán diversos ensayos de laboratorio como:

### **Contenido de humedad**

Juárez Badillo, Rico Rodríguez, 2005, indica que es la medición que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, con el fin de ser analizados, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

### **Granulometría**

Juárez Badillo, Rico Rodríguez, 2005, indica que es la medición que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, con el fin de ser analizados, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

### **Plasticidad**

Juárez Badillo, Rico Rodríguez, 2005, en Mecánica de suelos estos ensayos de identificación, es conocer cualitativamente desde el punto de vista de la consistencia, el comportamiento de un suelo dado en función de su humedad. Además de ello nos permite obtener una información cuantitativa del cambio de volumen que puede experimentar un suelo ante variaciones de temperatura. De ello surge el término plasticidad, el cual es definido como la propiedad de algunos suelos capaz de deformarse sin obtener agrietamiento alguno. La plasticidad de los suelos cohesivos no es una propiedad permanente, sino eventual y dependiente de su contenido de agua. Por ejemplo, una arcilla

bastante seca puede tener la consistencia de un ladrillo, con plasticidad nula, pero a la vez con gran contenido de agua.

### Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg se usan ampliamente para la identificación, descripción y clasificación de suelos cohesivos y como una base para la evaluación preliminar de sus propiedades mecánicas. La utilidad potencial de los límites de Atterberg en mecánica de suelos fue indicada por primera vez por Terzaghi (1925a) cuando observó que “los resultados de las pruebas de suelo simplificadas (límites de Atterberg) dependen precisamente de los mismos factores físicos que determinan la resistencia y la permeabilidad de los suelos (forma de partículas, tamaño efectivo, uniformidad) solo de una manera mucho más compleja. (Mitchell, J. K. y Soga 2005).

Tabla 2:  
*Valores de los límites de Atterberg para los minerales de arcilla*

<b>Mineral</b>	<b>Límite líquido (%)</b>	<b>Límite plástico (%)</b>
<b>Montmorillonita (1)</b>	100-90	50-100
<b>Nontronita (1)(2)</b>	37-72	19-27
<b>Illita (3)</b>	60-120	35-60
<b>Caolinita (3)</b>	30-110	25-40
<b>Halosyta hidratada (1)</b>	50-70	47-60
<b>Halosyta deshidratada (2)</b>	35-55	30-45
<b>Atapulgita (4)</b>	160-230	100-120
<b>Clorita (5)</b>	44-47	36-40

Fuente: (Mitchell, J. K. y Soga 2005)

(1) Varias formas iónicas. Valores más altos para monovalentes; más bajos para di y trivalentes.

(2) Todas las muestras contienen un 10% de arcilla y un 90% de arena y limo. (3) Varias formas iónicas. Valores más altos para formas di y trivalentes; más bajos para monovalentes. (4) Varias formas iónicas. (5) Algunas cloritas no son plásticas.

### **Límite líquido**

Juárez Badillo, Rico Rodríguez 2005, el objetivo es determinar el contenido de agua de un suelo, por lo cual se emplea la copa de Casagrande, el cual es una copa de bronce, en la cual se coloca una pasta de suelo hasta una cierta altura y se hace que la copa caiga periódicamente hasta golpear la base. El suelo contenido en la copa será ranurado mediante un acanalador. La altura de caída es de 1 cm.

### **Límite plástico**

Juárez Badillo, Rico Rodríguez 2005, indica que es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, donde el suelo cambia de estado plástico a semisólido. El contenido de agua de la muestra está definido como aquel donde el suelo, después de dejarse moldear hasta alcanzar rollitos de 3.2 mm de diámetro, se empieza a romper en pequeñas piezas. Para ello se utiliza un aproximado de 100 gr de suelo que pasa la malla N° 40, previamente secada al aire.

### **Clasificación**

Con el objeto de dividir los suelos en grupos de comportamiento semejante, con propiedades geotécnicas similares, surgen las denominadas clasificaciones de suelos. La clasificación de suelos consiste, pues, en incluir un suelo en un grupo que presenta un comportamiento semejante. La correlación de unas ciertas propiedades con un grupo de un sistema de clasificación suele ser un proceso empírico puesto a punto a través de muchos años de experiencia. (Das, 2001).

### **Compactación**

Braja, 2010, indica que para realizar la compactación se realizan pruebas estándar de laboratorio usadas para evaluar los pesos específicos secos máximos y los contenidos óptimos de agua para varios suelos, estos son la prueba proctor estándar y prueba proctor modificado.

### **California Bearing Ratio (CBR)**

Hernández, 2008, indica que el objetivo de este ensayo es determinar la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables, con el cual se ha tratado de medir la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidades controladas, permitiendo así obtener un porcentaje de la relación de soporte. Este ensayo se desarrolló por parte de la división de carreteras de California en 1929 como una forma de clasificación y evaluación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como sub-base o material de base en construcciones de carreteras y aeropuertos.

**Suelo.** - Es la capa superficial de la corteza terrestre en la que viven numerosos organismos y crece la vegetación. Es una estructura de vital importancia para el desarrollo de la vida. El suelo sirve de soporte a las plantas y le proporciona los elementos nutritivos necesarios para subdesarrollo.

**Estabilización de suelos.** - La estabilización de suelos es una técnica cuyo fin es modificar sus características mediante la incorporación de un conglomerante (normalmente cal y/o cemento) para permitir su aprovechamiento.

**Cal.** - La cal es un elemento cáustico, muy blanco en estado puro, que proviene de la calcinación de la piedra caliza.

**Sulfato de calcio.** - Es un químico común industrial y de laboratorio. En la forma de  $\gamma$ -anhidrita, (la forma cercana de anhidro), es utilizada como desecador. También es utilizada como coagulante en productos como tofu. En estado natural, sulfato de calcio es translúcido, roca blanca cristalina.

**Análisis.** - Examen detallado de una cosa para conocer sus características o cualidades, o su estado, y extraer conclusiones, que se realiza separando o considerando por separado las partes que la constituyen.

**Cohesivo.** - Que mantiene una unión estrecha entre personas o cosas. En esta sección, el autor especifica las definiciones de las variables de estudio, asumidas como parte del trabajo de investigación. Ello indica cómo conceptuará el investigador las mismas durante todo el desarrollo del estudio.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cómo varía la Capacidad Portante de un Suelo Cohesivo Estabilizado con Cal y Sulfato de Calcio al 10%, 15% y 25%?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

- Determinar la capacidad portante de un suelo cohesivo estabilizado con 10%, 15% y 25% de Cal y Sulfato de Calcio.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la capacidad portante de un suelo cohesivo estabilizado con 10%, 15% y 25% de cal por reemplazo en su capacidad portante.

- Determinar la capacidad portante de un suelo cohesivo estabilizado con 10%, 15% y 25% de sulfato de calcio por reemplazo en su capacidad portante
- Comparar cuál de los agentes químicos estabilizantes influye de manera más favorable en la capacidad portante de un suelo cohesivo.

#### **1.4. Hipótesis**

La Capacidad Portante de un Suelo Cohesivo Estabilizado con Cal y Sulfato de Calcio al 10%, 15% y 25% aumenta en más de 5%.



## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Aplicada

### 2.2. Diseño de investigación

Experimental

### 2.3. Variables de Estudio

**Independiente:** Cloruro de Sodio al 10, 15 y 25%

Cal al 10, 15 y 35%

**Dependiente:** Capacidad Portante del suelo

### 2.4. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

#### 2.4.1. Unidad de estudio

Suelo cohesivo estabilizado con 10%, 20% y 25% de Cal y Sulfato de Calcio.

#### 2.4.2. Población

Tabla 3:  
*Población*

Ensayos	Especímenes
Muestra patrón c1	3
Con 10% de cal	3
Con 15% de cal	3
Con 25% de cal	3
Con 10% de sulfato de calcio	3
Con 15% de sulfato de calcio	3
Con 25% de sulfato de calcio	3
Total	21

#### 2.4.3. Muestra

La NTP. 339.175 establece tres especímenes de suelo para el ensayo de Capacidad portante del suelo. Los porcentajes que se han elegido son basados en la norma CE.020 Suelos y Taludes, la cual dice que no se debería agregar más del 8% de un

agente estabilizante, por lo cual realizaremos esta investigación para ver lo que sucede al utilizar mayores porcentajes.

La Cal y el Sulfato de Calcio son compuestos que ayudan a mejorar propiedades, pero pueden causar problemas en la parte de absorción.

Tabla 4:  
*Muestra*

Ensayos	Especímenes
Muestra patrón c1	3
Con 10% de cal	3
Con 15% de cal	3
Con 25% de cal	3
Con 10% de sulfato de calcio	3
Con 15% de sulfato de calcio	3
Con 25% de sulfato de calcio	3
Total	21

## 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de dato

### A) Técnicas para la recolección de datos

Se utilizó el análisis documental consultando bibliotecas virtuales, normas técnicas, artículos científicos, manuales y estudios anteriores, los cuales nos dieron información más detallada acerca de la estabilización y mejoramiento de suelos con sulfato de calcio y cal.

### B) Técnicas de análisis de datos

Una vez culminada la fase de recolección y procesamiento de datos, continuamos con el análisis, para esto utilizamos la técnica de visualización de resultados a través de gráficas y tablas dinámicas que podemos generar con la ayuda del programa Microsoft Excel.

### **C) Instrumentos de recolección de datos**

Para esto se utilizaron las guías y protocolos, dados por la universidad, que describen el proceso para realizar los ensayos de mecánica de suelos, basados en las normas técnicas detalladas a continuación:

- Contenido de humedad: NTP 339.127 (ASTM D 2216)
- Análisis granulométrico: NTP 339.128 (ASTM D 422)
- Límites de Atterberg: NTP 339.129 (ASTM D 4318)
- Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos): NTP 339.134 (ASTM D 2487)
- Ensayo de compactación Proctor Modificado: NTP 339.141 (ASTM D 1557)
- Ensayo de CBR (California Bearing Ratio): NTP 339.145 (ASTM D 1883)

### **D) Instrumentos para el análisis de datos**

Se utilizaron los programas de Microsoft Excel y Word los cuales nos permitieron elaborar gráficas y tablas dinámicas que fueron de gran ayuda para visualizar nuestros resultados y poder finalmente discutir y comparar los llegando a una conclusión.

## **2.6. Procedimiento**

### **2.6.1. Procedimiento de recolección de datos**

#### **A) Extracción de la muestra**

En el mes de agosto del 2018 se identificaron 3 canteras con posibles suelos cohesivos, el primero está ubicado en la zona de Shultín, el segundo en la zona de El Guitarrero y el tercero en la zona de Shudal. Luego se procedió a trasladar el material a las instalaciones de la Universidad Privada del Norte donde en el laboratorio de mecánica de suelos se obtendrían las características y propiedades de estos suelos

para luego de su clasificación SUCS, escoger la cantera de la cual se realizaría la estabilización.

## **B) Ensayos de mecánica de suelos**

Se procedió a realizar los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos, con el cual cuenta la Universidad Privada del Norte, se obtuvieron los datos necesarios mediante las guías de laboratorio proporcionadas por la carrera, donde está indicado el procedimiento y el llenado de protocolos, los cuales se mencionan a continuación:

- Contenido de humedad: NTP 339.127 (ASTM D 2216)
- Análisis granulométrico: NTP 339.128 (ASTM D 422)
- Límites de Atterberg: NTP 339.129 (ASTM D 4318)
- Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos): NTP 339.134 (ASTM D 2487)
- Ensayo de compactación Proctor Modificado: NTP 339.141 (ASTM D 1557)
- Ensayo de CBR (California Bearing Ratio): NTP 339.145 (ASTM D 1883)

### **2.6.2. Procedimiento de análisis de datos**

Luego de realizados los ensayos, el procesamiento de datos se llevó a cabo mediante Hojas de Cálculo con el programa Microsoft Excel, se pudo obtener cálculos exactos y también los gráficos correspondientes en cada ensayo de laboratorio. Con los datos ya procesados se procedió a realizar su análisis para poder llegar a una conclusión.

### **2.6.3. Ubicación de las Canteras**

#### **Ubicación política. Cantera Shultín**

País:	Perú	Coordenadas: E: 776347.317
Departamento:	Cajamarca	N: 9211343.579
Provincia:	Cajamarca	
Distrito:	Los Baños del Inca	

### Acceso a la cantera.

- Partiendo de la Plaza de Armas, tomamos Dos de Mayo hasta llegar a la Av. Hoyos Rubio.
- Siguiendo por Av. Hoyos Rubio llegamos hasta la altura del Aeropuerto Armando Revoredo Iglesias.
- Luego, giramos a la derecha avanzando hasta el final del tramo, paralelo a la pista del aeropuerto, donde doblamos 50 m a la izquierda con dirección a la carretera a Shultín, donde encontraremos nuestra cantera.



Figura 2: Ubicación cantera shultín  
Fuente: Google Earth

### Ubicación política. Cantera Guitarrero

País:	Perú	Coordenadas: E: 775167.629
Departamento:	Cajamarca	N: 9202987.613
Provincia:	Cajamarca	
Distrito:	Cajamarca	

**Acceso a la cantera.**

- Partiendo de La Recoleta, tomamos la Av. Héroes de San Ramón hasta llegar a Av. Independencia.
- Seguimos por Av. Independencia hacia la Carretera N°8 Camino a la costa, aproximadamente 6 km.
- En esta zona, al borde de la carretera encontramos la cantera.

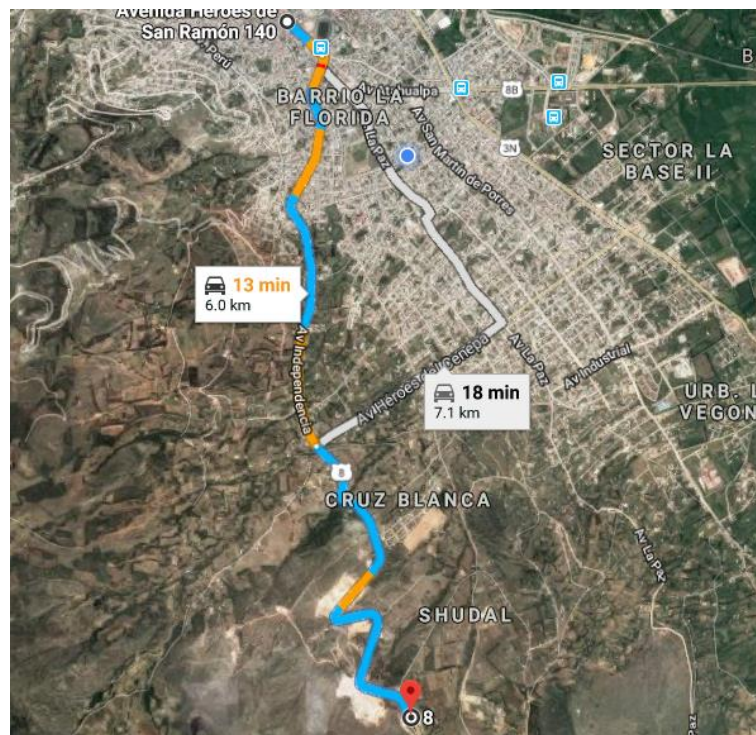


Figura 3: *Ubicación cantera guitarrero*  
Fuente: Google Earth

**Ubicación política. Cantera Shudal**

País:	Perú	Coordenadas: E: 775944.641
Departamento:	Cajamarca	N: 9202932.687
Provincia:	Cajamarca	
Distrito:	Cajamarca	

### Acceso a la cantera.

- Partiendo desde La Recoleta, avanzamos por la Av. Héroes de San Ramón hasta llegar a Av. Independencia.
- Luego de la primera cuadra giramos hacia la Av. La Paz y continuamos hasta la Av. Héroes del Cenepa.
- Doblamos hacia la derecha hasta Av. Alfonso Ugarte, a través de esta avenida seguiremos hacia Shudal lugar donde se ubica la cantera.

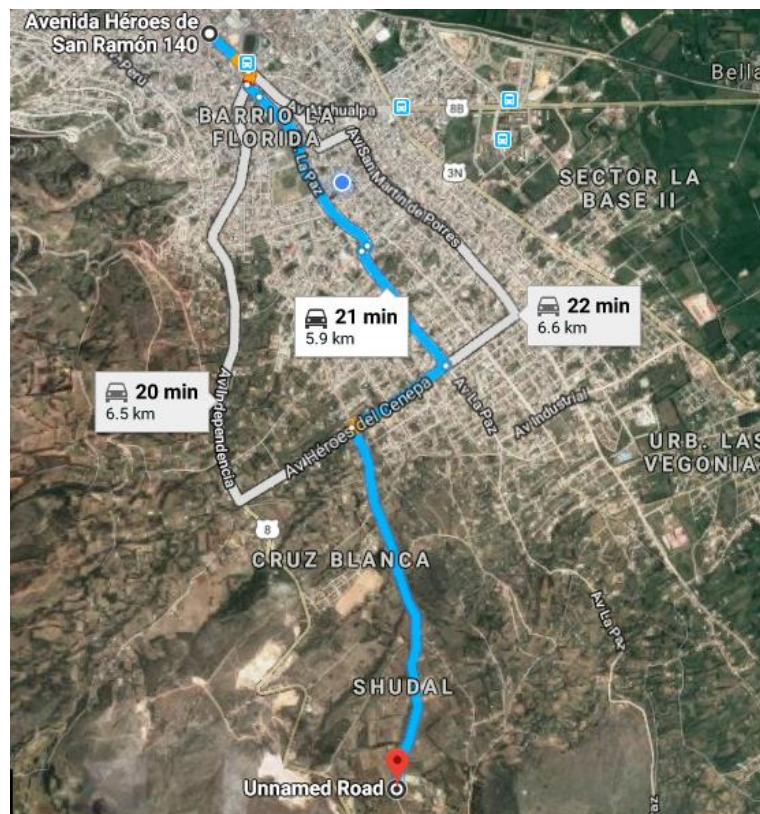


Figura 4: Ubicación cantera shudal  
Fuente: Google Earth

#### 2.6.4. Extracción de las Muestras

La extracción de muestras se realizó de forma manual de las canteras seleccionadas.

#### **2.6.5. Contenido de Humedad**

Se realizó según la guía de ensayo de contenido de humedad del laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte.

#### **2.6.6. Análisis Granulométrico por Lavado**

Se realizó según la guía de ensayo de análisis granulométrico mediante lavado del laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte.

#### **2.6.7. Límites de Plasticidad**

Se realizó según la guía de ensayo de límites de plasticidad del laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte.

#### **2.6.8. Clasificación SUCS**

Se realizó según la guía de ensayo de clasificación de suelos unificados del laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte.

#### **2.6.9. Proctor Modificado**

Se realizó según la guía de ensayo de compactación Proctor modificado del laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte.

#### **2.6.10. Capacidad Portante CBR**

Se realizó según la guía de ensayo de california bearing ratio - cbr del laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte.



## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Contenido de humedad

Tabla 5:  
*Contenido de humedad cantera shultín*

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	IDENTIFICACIÓN DE LA TARA		T1.1	T1.2	T1.3
B	PESO DEL RECIPIENTE	gr	47.80	47.80	48.00
C	RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	gr	201.50	206.40	201.60
D	RECIPIENTE + SUELO SECO	gr	175.70	180.30	176.30
E	PESO DEL SUELO HÚMEDO (WMh) C-B	gr	153.70	158.60	153.60
D	PESO DEL SUELO SECO (Ws) D-B	gr	127.90	132.50	128.30
W%	% DE HUMEDAD (E-F/F) *100	%	20.17	19.70	19.72
G	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%		19.86	

Se determinó que el contenido de humedad promedio es 19.86%

Tabla 6:  
*Contenido de humedad cantera guitarrero*

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	IDENTIFICACIÓN DE LA TARA		T2.1	T2.2	T2.3
B	PESO DEL RECIPIENTE	gr	36.70	36.50	36.50
C	RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	gr	202.30	201.80	205.60
D	RECIPIENTE + SUELO SECO	gr	157.00	156.50	159.60
E	PESO DEL SUELO HÚMEDO (WMh) C-B	gr	165.60	165.30	169.10
D	PESO DEL SUELO SECO (Ws) D-B	gr	120.30	120.00	123.10
W%	% DE HUMEDAD (E-F/F) *100	%	37.66	37.75	37.37
G	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%		37.59	

Se determinó que el contenido de humedad promedio es 37.59%

Tabla 7:  
*Contenido de humedad cantera shudal*

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	IDENTIFICACIÓN DE LA TARA		T3.1	T3.2	T3.3
B	PESO DEL RECIPIENTE	gr	27.70	27.60	26.70
C	RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	gr	124.40	121.50	123.50
D	RECIPIENTE + SUELO SECO	gr	102.70	99.50	100.50
E	PESO DEL SUELO HÚMEDO (WMh) C-B	gr	96.80	94.00	96.80
D	PESO DEL SUELO SECO (Ws) D-B	gr	75.00	71.90	73.80
W%	% DE HUMEDAD (E-F/F) *100	%	29.07	30.74	31.17
G	PROMEDIO % DE HUMEDAD	%		30.32	

Se determinó que el contenido de humedad promedio es 30.32%

### 3.2. Límites de Plasticidad

Tabla 8:  
*Límite líquido shultín*

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T3.1	T3.4	T3.5
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	54.40	66.80	62.30
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	45.90	54.70	51.20
D	Peso de Recipiente	gr	27.60	27.60	27.10
E	Peso del Agua	gr	8.50	12.10	11.10
F	Peso Suelo Seco	gr	18.30	27.10	24.10
G	Número de Golpes	N	13.00	23.00	34.00
H	Contenido de Humedad	%	46.45	44.65	46.06

Tabla 9:  
*Límite plástico shultín*

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	T1.1	T1.5	T1.3
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	49.20	51.20	49.40
C	Suelo Seco + Tara	gr	49.00	50.70	49.20
D	Peso de Tara	gr	47.80	47.90	48.00
E	Peso del Agua	gr	0.20	0.50	0.20
F	Peso Suelo Seco	gr	1.20	2.80	1.20
G	Contenido de Humedad	%	16.67	17.86	16.67
H	Promedio Límite Plástico	%	<b>17.06</b>		

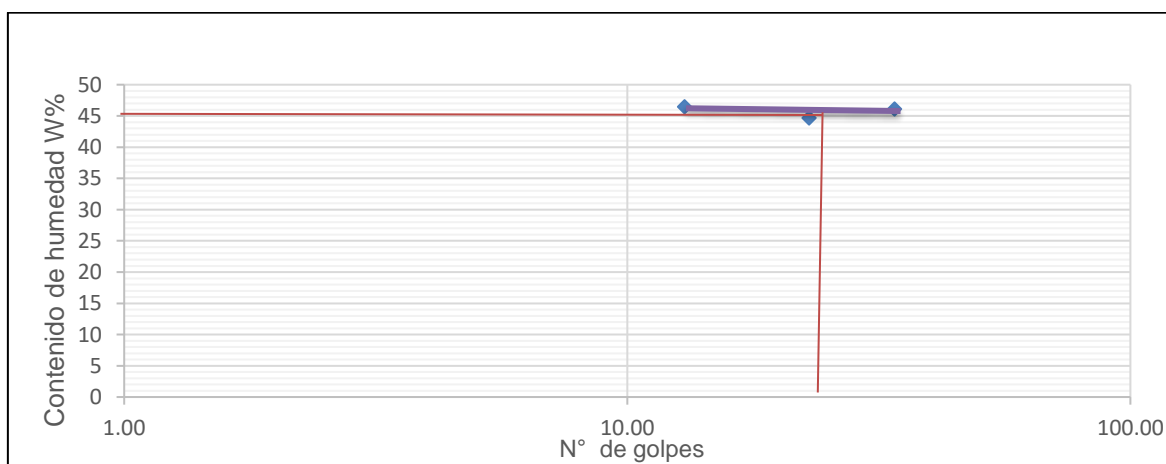


Gráfico 1: *Curva de fluidez shultín*

Tabla 10:  
Límites de consistencia shultín

Límites de consistencia				
<b>Límite Líquido:</b>	LL =	45.63%	Número de	Contenido de
<b>Límite Plástico:</b>	LP =	17.06%	Golpes	Humedad (%)
<b>Índice de Plasticidad:</b>	IP =	28.57%	13	46.45
<b>Contenido de Humedad:</b>	W <sub>n</sub> =	19.86%	23	44.65
<b>Grado de Consistencia:</b>	K <sub>w</sub> =	0.90	34	46.06
<b>Grado de Consistencia:</b>	Plástica		25	45.63

Tabla 11:  
Límite líquido guitarrero

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	L1	L4	L5
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	45.10	45.40	40.80
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	39.60	39.80	36.40
D	Peso de Recipiente	gr	27.70	27.60	27.10
E	Peso del Agua	gr	5.50	5.60	4.40
F	Peso Suelo Seco	gr	11.90	12.20	9.30
G	Número de Golpes	N	33.00	23.00	16.00
H	Contenido de Humedad	%	46.22	45.90	47.31

Tabla 12:  
Límite plástico guitarrero

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	LP1	LP2	LP4
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	29.40	29.60	31.20
C	Suelo Seco + Tara	gr	28.70	28.90	30.10
D	Peso de Tara	gr	26.80	27.00	27.00
E	Peso del Agua	gr	0.70	0.70	1.10
F	Peso Suelo Seco	gr	1.90	1.90	3.10
G	Contenido de Humedad	%	36.84	36.84	35.48
H	Promedio Límite Plástico	%		<b>36.39</b>	

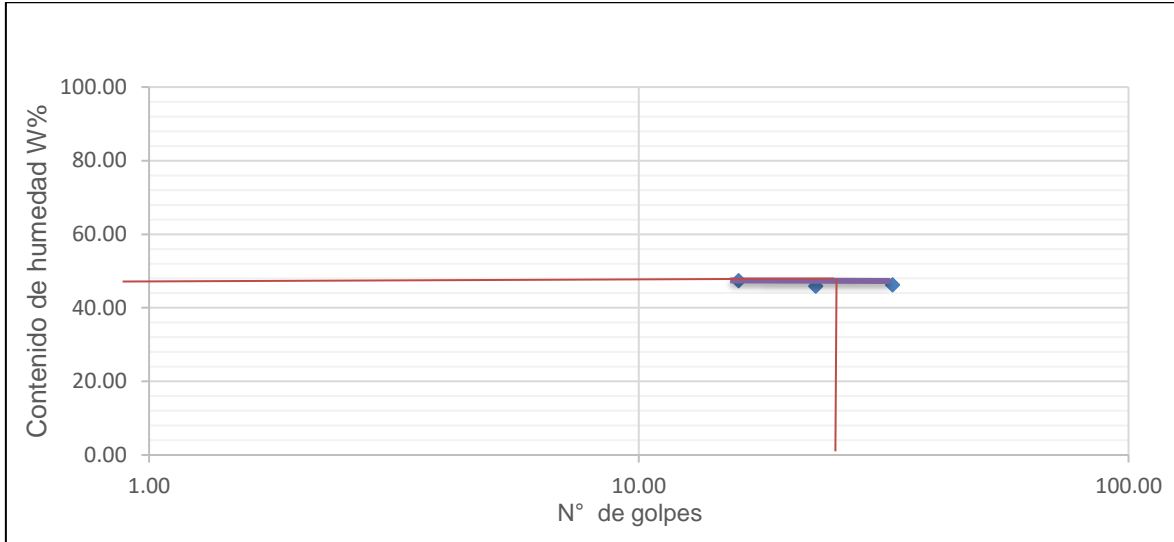


Gráfico 2: Curva de fluidez guitarrero

Tabla 13:  
Límites de consistencia guitarrero

Límites de consistencia				
<b>Límite Líquido:</b>	LL =	<b>46.35%</b>	<b>Número de Golpes</b>	<b>Contenido de Humedad (%)</b>
<b>Límite Plástico:</b>	LP =	36.39%		
<b>Índice de Plasticidad:</b>	IP =	9.96%	33	46.22
<b>Contenido de Humedad:</b>	W <sub>n</sub> =	<b>37.59%</b>	23	45.90
<b>Grado de Consistencia:</b>	K <sub>w</sub> =	0.88	16	47.31
<b>Grado de Consistencia:</b>	Plástica		25	46.35

Tabla 14:  
Límite líquido shudal

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	Nº	3.1	3.4	3.5
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	46.70	45.40	40.80
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	39.50	38.70	35.60
D	Peso de Recipiente	gr	27.70	27.60	27.10
E	Peso del Agua	gr	7.20	6.70	5.20
F	Peso Suelo Seco	gr	11.80	11.10	8.50
G	Número de Golpes	N	29.00	18.00	14.00
H	Contenido de Humedad	%	61.02	60.36	61.18

Tabla 15:  
*Límite plástico shudal*

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	2.1	2.2	2.4
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	39.50	39.00	41.20
C	Suelo Seco + Tara	gr	38.80	38.40	39.80
D	Peso de Tara	gr	36.70	36.50	35.40
E	Peso del Agua	gr	0.70	0.60	1.40
F	Peso Suelo Seco	gr	2.10	1.90	4.40
G	Contenido de Humedad	%	33.33	31.58	31.82
H	Promedio Límite Plástico	%	<b>32.24</b>		

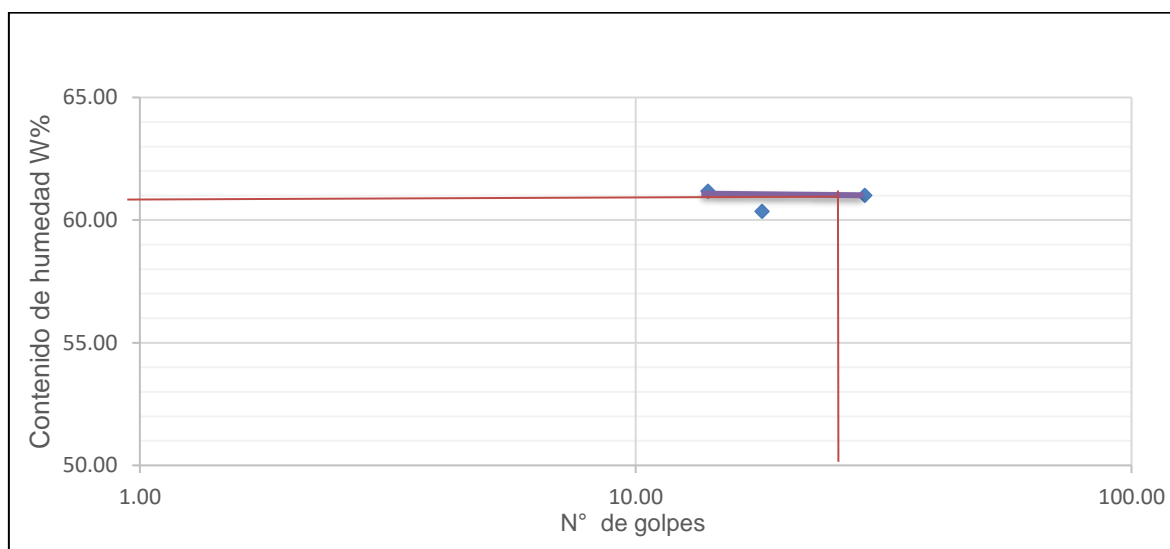


Gráfico 3: *Curva de fluidez shudal*

Tabla 16:  
*Límites de consistencia shudal*

Límites de consistencia				
<b>Límite Líquido:</b>	LL =	60.85%	<b>Número de</b>	<b>Contenido de</b>
<b>Límite Plástico:</b>	LP =	32.24%	<b>Golpes</b>	<b>Humedad (%)</b>
<b>Índice de Plasticidad:</b>	IP =	28.61%	29	61.02
<b>Contenido de Humedad:</b>	Wn =	30.32%	18	60.36
<b>Grado de Consistencia:</b>	Kw =	1.07	14	61.18
<b>Grado de Consistencia:</b>	Media Dura, Sólida		25	60.85

### 3.3. Granulometría por lavado

Tabla 17:  
Granulometría "shultín"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
N.º 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº10	2	11.20	5.60	5.60	94.40
Nº20	0.84	7.80	3.90	9.50	90.50
Nº30	0.59	1.80	0.90	10.40	89.60
Nº40	0.42	5.20	2.60	13.00	87.00
Nº60	0.25	25.40	12.70	25.70	74.30
Nº100	0.15	6.50	3.25	28.95	71.05
Nº200	0.074	4.60	2.30	31.25	68.75
Perdida	Lavado	137.50	68.75	100.00	
<b>Total</b>		<b>200.00</b>			

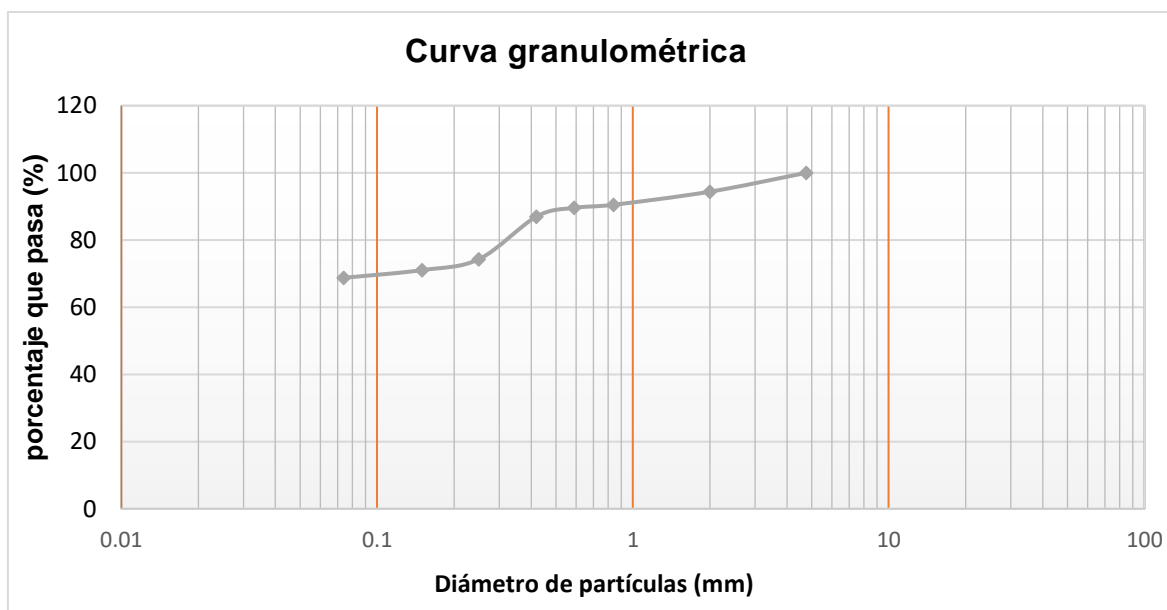


Gráfico 4: Granulometría "shultín"

Tabla 18:  
*Granulometría "guitarrero"*

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO</b>					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
N.º 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº10	2	3.00	1.50	1.50	98.50
Nº20	0.84	0.40	0.20	1.70	98.30
Nº30	0.59	0.20	0.10	1.80	98.20
Nº40	0.42	1.30	0.65	2.45	97.55
Nº60	0.25	0.60	0.30	2.75	97.25
Nº100	0.15	1.40	0.70	3.45	96.55
Nº200	0.074	7.10	3.55	7.00	93.00
<b>Perdida</b>	Lavado	186.00	93.00	100.00	
<b>Total</b>		200.00			

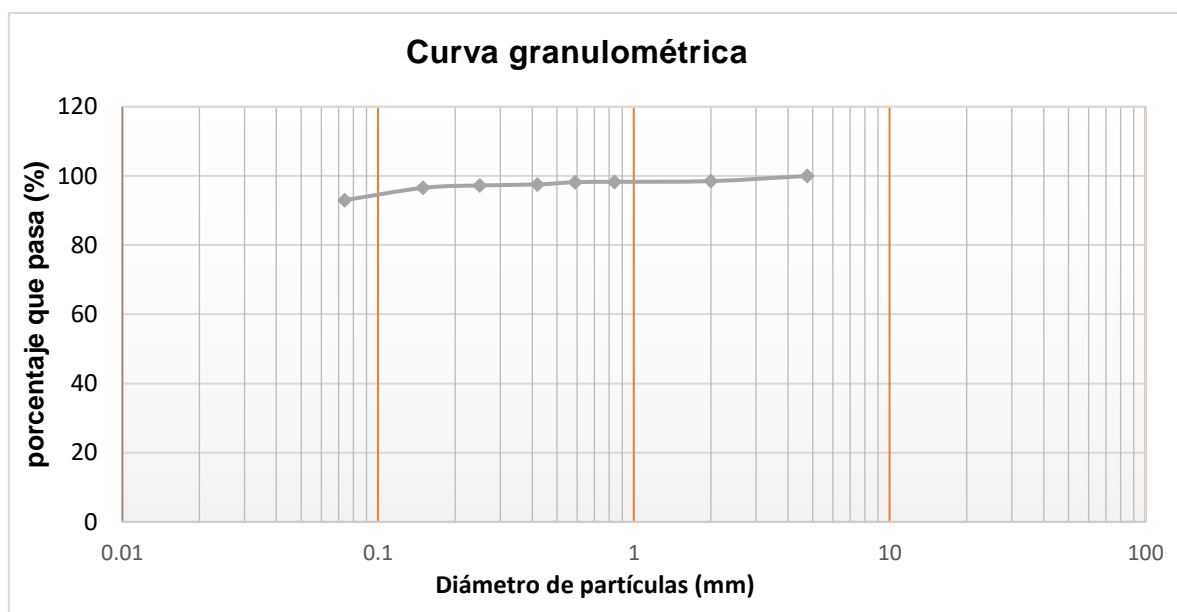


Gráfico 5: *Granulometría "guitarrero"*

Tabla 19:  
*Granulometría "shudal"*

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO</b>					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
<b>N.º 4</b>	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>Nº10</b>	2	1.20	0.60	0.60	99.40
<b>Nº20</b>	0.84	1.00	0.50	1.10	98.90
<b>Nº30</b>	0.59	0.30	0.15	1.25	98.75
<b>Nº40</b>	0.42	0.90	0.45	1.70	98.30
<b>Nº60</b>	0.25	9.70	4.85	6.55	93.45
<b>Nº100</b>	0.15	6.30	3.15	9.70	90.30
<b>Nº200</b>	0.074	3.50	1.75	11.45	88.55
<b>Perdida</b>	Lavado	177.10	88.55	100.00	
<b>Total</b>		200.00			

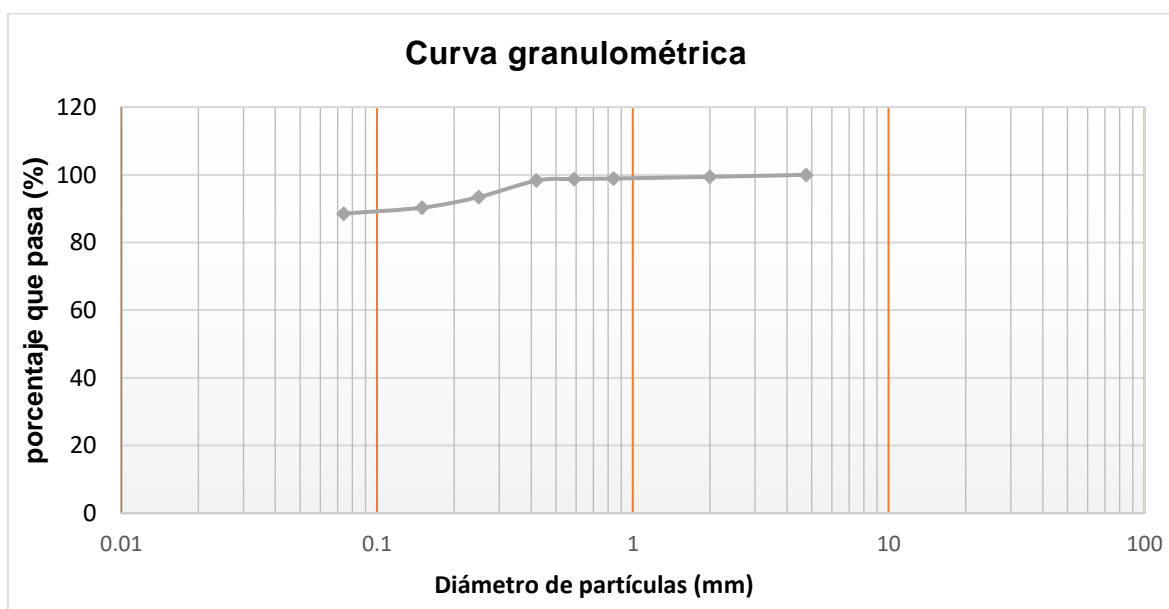


Gráfico 6: *Granulometría "shudal"*



### 3.4. Clasificación SUCS

Tabla 20:  
*Clasificación SUCS shultín*

<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S.</b>		
<b>Ubicación:</b>	SHULTÍN	
<b>% Que Pasa la Malla N° 200</b>		68.75
<b>Límite Líquido</b>	LL =	41.32 %
<b>Límite Plástico</b>	LP =	19.05 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	IP =	22.27 %
<b>Tipo de Suelo Según su Granulometría:</b>		Suelo Fino
<b>Tipo de Simbología:</b>		Baja Plasticidad
<b>Tipo de Suelo:</b>		Simbología Normal
<b>Suelo:</b>		CL, ML, OL
<b>Características del Suelo:</b>		CL
<b>Descripción del Suelo:</b>		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas

Tabla 21:  
*Clasificación SUCS guitarrero*

<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S.</b>		
<b>Ubicación:</b>	GUITARRERO	
<b>% Que Pasa la Malla N° 200</b>		93.00
<b>Límite Líquido</b>	LL =	64.86 %
<b>Límite Plástico</b>	LP =	39.38 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	IP =	25.48 %
<b>Tipo de Suelo Según su Granulometría:</b>		Suelo Fino
<b>Tipo de Simbología:</b>		Alta Plasticidad
<b>Tipo de Suelo:</b>		Simbología Normal
<b>Suelo:</b>		CL, ML, OL
<b>Características del Suelo:</b>		ML, OL
<b>Descripción del Suelo:</b>		ML
		Limos inorgánicos y arenas muy finas, limosas o arcillosas, o limo arcilloso con baja plasticidad

Tabla 22:  
*Clasificación SUCS shudal*

<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S.</b>		
<b>Ubicación:</b>	SHUDAL	
<b>Estrato:</b>		
<b>% Que Pasa la Malla N° 200</b>		88.55
<b>Límite Líquido</b>	LL =	62.81 %
<b>Límite Plástico</b>	LP =	31.16 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	IP =	31.65 %
<b>Tipo de Suelo Según su Granulometría:</b>	Suelo Fino	
	Alta Plasticidad	
<b>Tipo de Simbología:</b>	Simbología Normal	
<b>Tipo de Suelo:</b>	CH, MH, OH	
<b>Suelo:</b>	MH, OH	
<b>Características del Suelo:</b>	MH	
<b>Descripción del Suelo:</b>	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos	

### 3.5. Clasificación AASHTO

Tabla 23:  
*Clasificación AASHTO shultín*

<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>				
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación:</b>	<b>SHULTIN</b>	
<b>% Que Pasa la Malla N° 200</b>	68.75	Determinación del Índice de Grupo IG		
<b>% Que Pasa la Malla N° 40</b>	87.00		a =	33.75
<b>% Que Pasa la Malla N° 10</b>	94.40		b =	40.00
<b>Límite Líquido</b>	LL = 45.63 %		c =	5.63
<b>Límite Plástico</b>	LP = 17.06 %		d =	18.57
<b>Índice de Plasticidad:</b>	IP = 28.57 %			
<b>Tipo de Suelo:</b>	Material Limo Arcilloso			
<b>Clasificación de Suelos:</b>	A - 7	IG =	16.00	
<b>Suelo:</b>	<b>A - 7 - 6 (16)</b>			
<b>Tipo de Material:</b>	Suelo Arcilloso			
<b>Terreno de Fundación:</b>	Regular a Malo			

Tabla 24:  
Clasificación AASHTO guitarrero

<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>			
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación:</b>	<b>GUITARRERO</b>
% Que Pasa la Malla N° 200	93.00	Determinación del Índice de Grupo IG a = 40.00 b = 40.00 c = 6.35 d = 0.00	
% Que Pasa la Malla N° 40	97.55		
% Que Pasa la Malla N° 10	98.50		
Límite Líquido LL =	46.35 %		
Límite Plástico LP =	36.39 %		
Índice de Plasticidad: IP =	9.96 %		
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso		
Clasificación de Suelos:	A - 5	IG =	10.00
Suelo:	<b>(10)</b>		
Tipo de Material:	Suelo Limoso		
Terreno de Fundación:	Regular a Malo		

Tabla 25:  
Clasificación AASHTO shudal

<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>			
<b>Parámetros Usados</b>		<b>Ubicación:</b>	<b>SHUDAL</b>
% Que Pasa la Malla N° 200	88.55	Determinación del Índice de Grupo IG a = 40.00 b = 40.00 c = 20.00 d = 18.61	
% Que Pasa la Malla N° 40	98.30		
% Que Pasa la Malla N° 10	99.40		
Límite Líquido LL =	60.85 %		
Límite Plástico LP =	32.24 %		
Índice de Plasticidad: IP =	28.61 %		
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso		
Clasificación de Suelos:	A - 7	IG =	20.00
Suelo:	<b>A - 7 - 5 (20)</b>		
Tipo de Material:	Suelo Arcilloso		
Terreno de Fundación:	Regular a Malo		

### 3.6. Proctor Modificado

Tabla 26:  
Resultados proctor modificado

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Densidad máxima seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Humedad óptima (%)</b>
Muestra patrón	1.654	24.2
Muestra + 10% CaSO <sub>4</sub> (Sulfato de Calcio)	1.577	25.1
Muestra + 15% CaSO <sub>4</sub> (Sulfato de Calcio)	1.545	27.3
Muestra + 25% CaSO <sub>4</sub> (Sulfato de Calcio)	1.527	30.2
Muestra + 10% CaO (Cal)	1.559	25.9
Muestra + 15% CaO (Cal)	1.560	26.9
Muestra + 25% CaO (Cal)	1.561	28.3

### 3.7. California Bearing Ratio (CBR)

Tabla 27:  
*Resultados california bearing ratio (CBR)*

DESCRIPCIÓN	CBR 0.1"	CBR 0.2"	CBR DISEÑO
Muestra patrón	3.40	2.70	2.70
Muestra + 10% CaSO <sub>4</sub> (Sulfato de Calcio)	6.70	6.20	6.20
Muestra + 15% CaSO <sub>4</sub> (Sulfato de Calcio)	4.10	4.65	4.10
Muestra + 25% CaSO <sub>4</sub> (Sulfato de Calcio)	4.00	4.50	4.00
Muestra + 10% CaO (Cal)	14.00	11.20	11.20
Muestra + 15% CaO (Cal)	16.20	10.80	10.80
Muestra + 25% CaO (Cal)	15.50	10.40	10.40

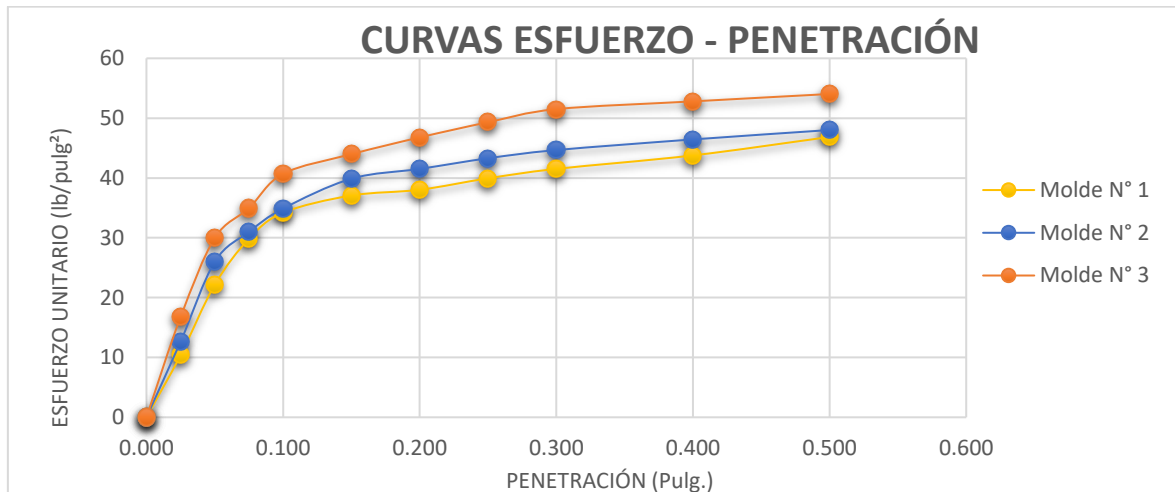


Gráfico 7: Esfuerzo vs penetración "muestra patrón"

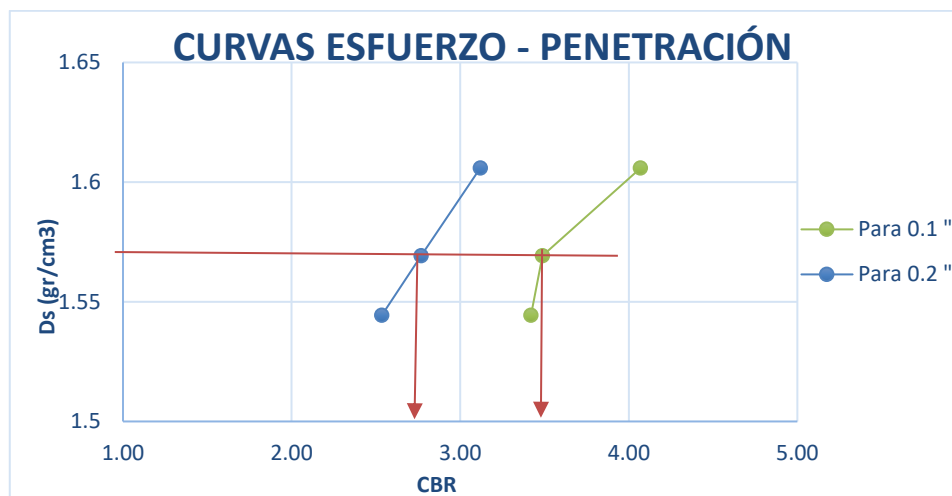


Gráfico 8 CBR - densidad seca "muestra patrón"

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### 4.1.1. Clasificación SUCS

Se realizó la Clasificación por el sistema SUCS de tres canteras de la ciudad de Cajamarca, para así poder buscar el suelo menos favorable, también se buscó con este ensayo identificar que el suelo cumpla con la característica de ser un suelo cohesivo.

Tabla 28:  
*Resumen clasificación SUCS*

CANTERA	CLASIFICACIÓN SUCS
SHULTÍN	CL
GUITARRERO	ML
SHUDAL	MH

De acuerdo a la clasificación de las 3 canteras, se definió que el suelo a estabilizar sería el de la cantera de “Shudal”, la cual tuvo como resultado un suelo MH, que representan a limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.

#### 4.1.2. Proctor Modificado

Con la realización de este ensayo de laboratorio se obtuvo los valores de la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad, asimismo se pudo observar que la densidad máxima seca adicionando sulfato de calcio presenta una disminución al ir aumentando el porcentaje, en el caso de la densidad máxima seca adicionando cal presenta también una disminución, pero manteniéndose en un rango mientras se aumenta el porcentaje, por otro lado para el óptimo contenido de humedad adicionando sulfato de calcio presenta un aumento en relación al porcentaje añadido, en el caso del óptimo contenido de humedad adicionando cal presenta un aumento en relación al porcentaje añadido.

A continuación, se mostrarán los resultados de los datos que se obtuvieron y se discutieron anteriormente.

### Sulfato de Calcio.

Densidad Máxima Seca. - Los resultados obtenidos presentan una disminución a medida que la dosificación de sulfato de calcio aumenta.

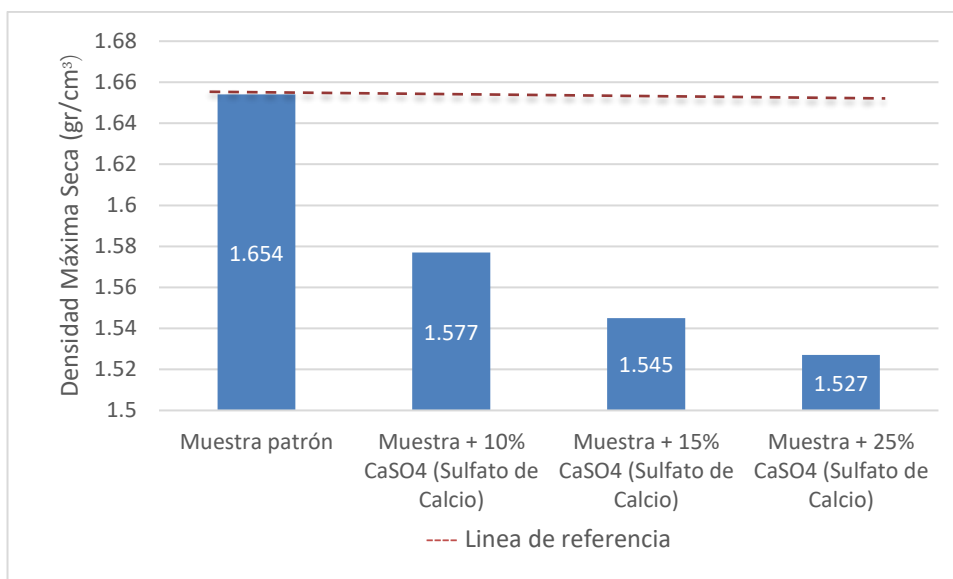


Gráfico 9: Densidad máxima seca sulfato de calcio

Óptimo contenido de humedad. - Los resultados obtenidos presentan un aumento a medida que la dosificación de sulfato de calcio aumenta.

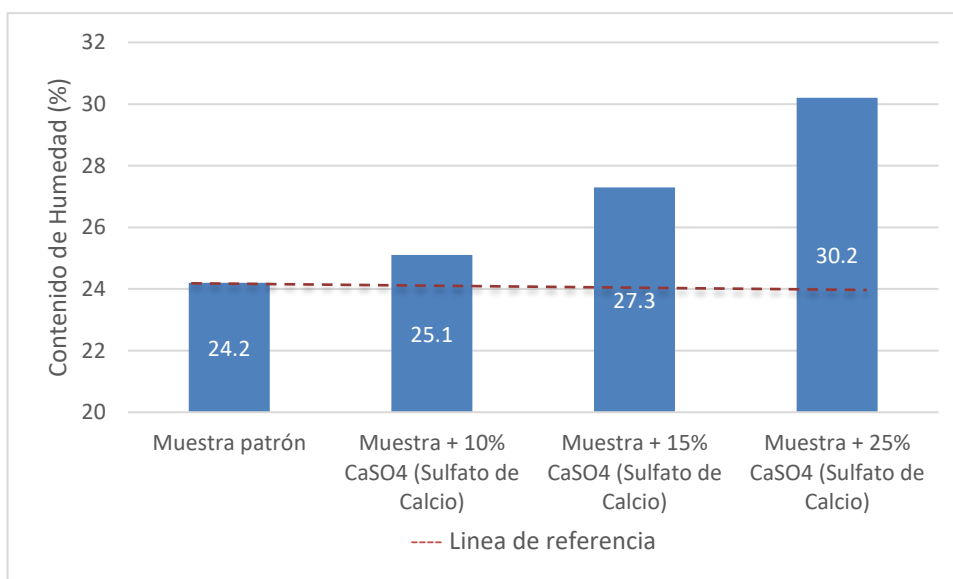


Gráfico 10: Humedad óptima sulfato de calcio

## Cal

Densidad Máxima Seca. - Los resultados obtenidos presentan una disminución a medida que la dosificación de sulfato de calcio aumenta.

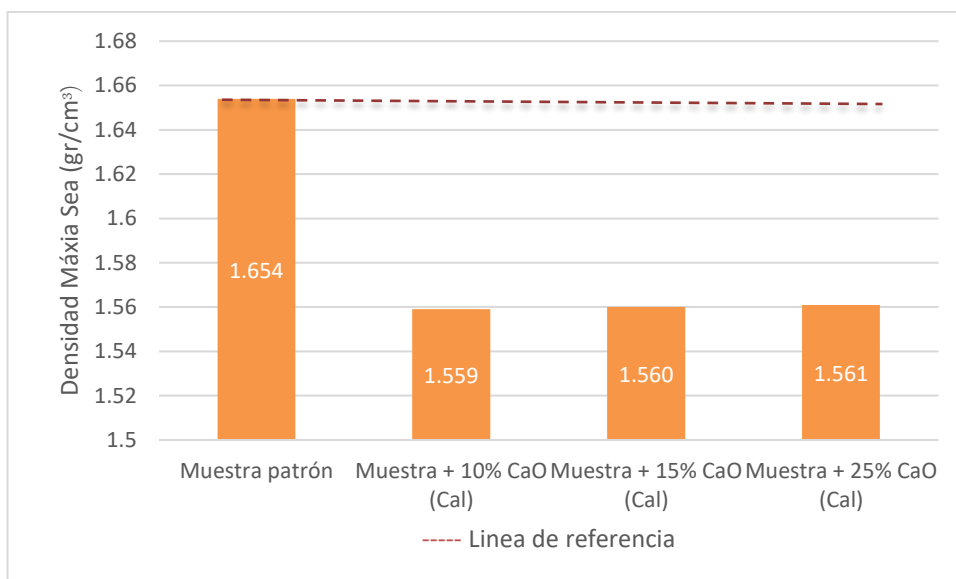


Gráfico 11: *Densidad máxima seca cal*

Óptimo contenido de humedad. - Los resultados obtenidos presentan un aumento a medida que la dosificación de sulfato de calcio aumenta.

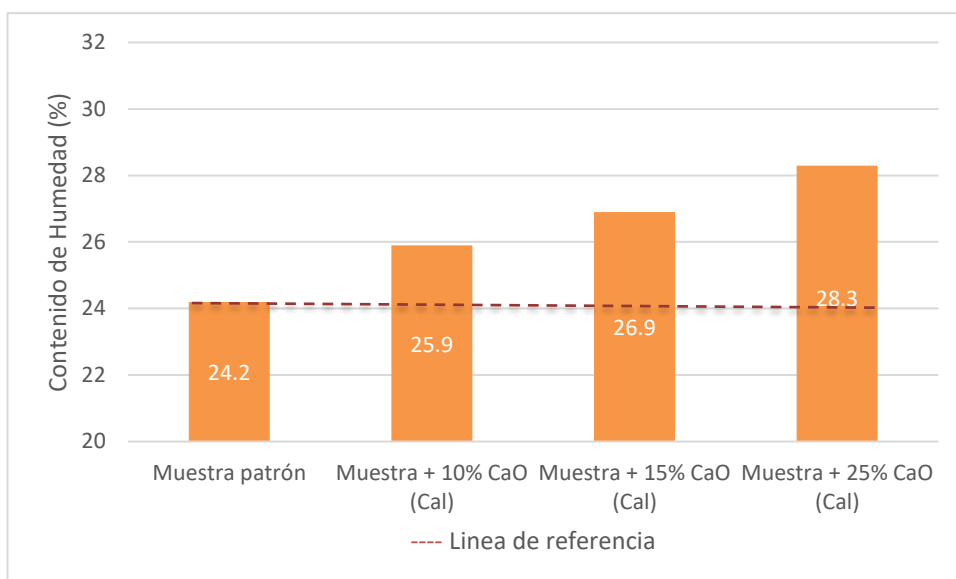


Gráfico 12: *Humedad óptima cal*

### 4.1.3. California Bearing Ratio (CBR)

#### Con adición de sulfato de calcio

Con la realización de este ensayo de laboratorio se obtuvo los valores de CBR aumentan a un 95% de la densidad máxima a un 0.1" y 0.2", esto corrobora la hipótesis planteada que la adición de sulfato de calcio de 10%, 15% y 25% en suelos cohesivos aumenta la Capacidad Portante (CBR), más de 5%.

A continuación, se mostrarán los resultados de los datos que se obtuvieron y se discutieron anteriormente.

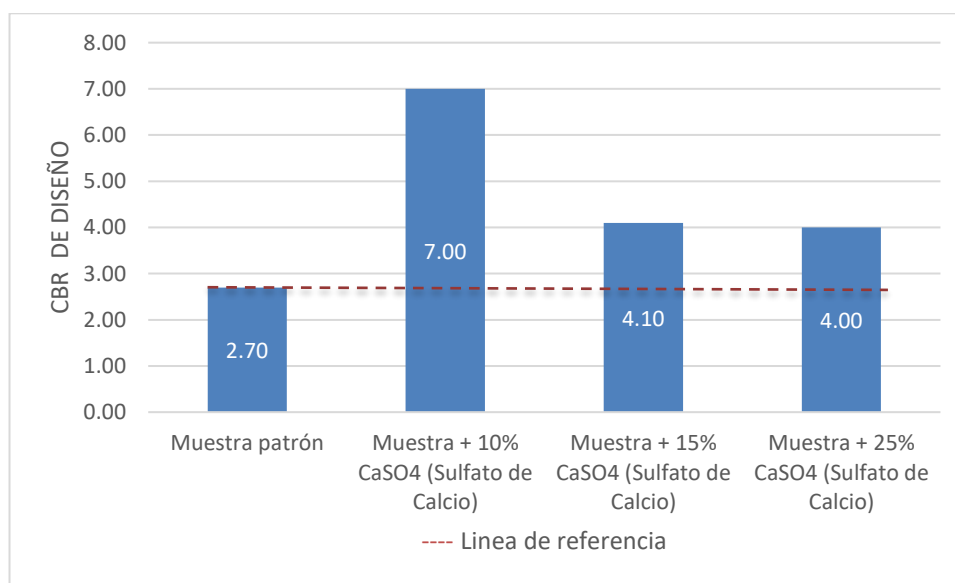


Gráfico 13: CBR con sulfato de calcio

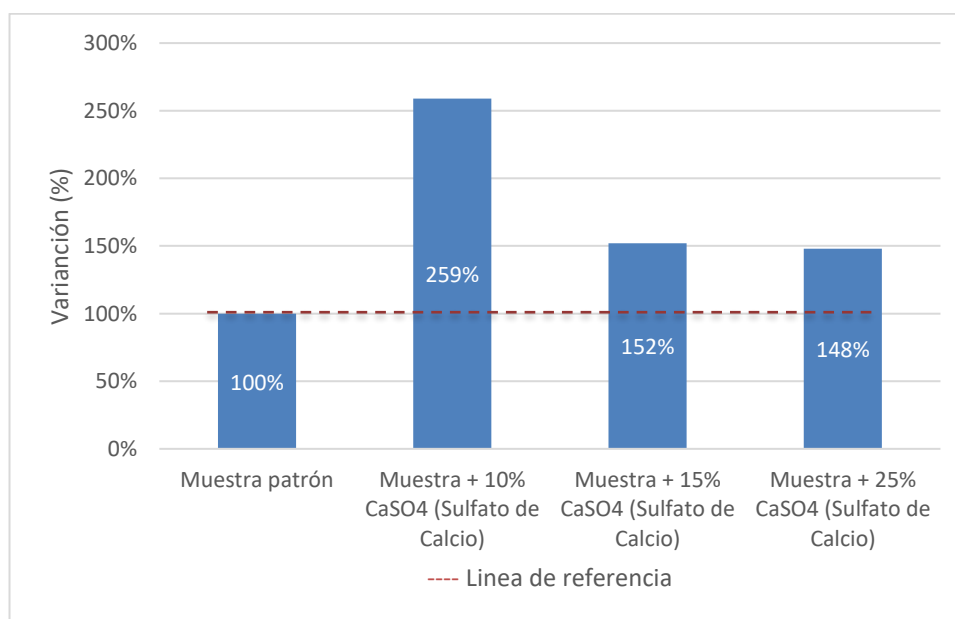


Gráfico 14: Variación en porcentaje de la muestra patrón con muestras con sulfato de calcio



Como se puede observar, la Capacidad Portante aumenta más de 5% en los tres porcentajes añadidos, siendo el mayor aumento al adicionar 10 de Cal con una diferencia de 159% o 1.59 veces su valor inicial.

### Con adición de Cal

Con la realización de este ensayo de laboratorio se obtuvo los valores de CBR aumentan a un 95% de la densidad máxima a un 0.1" y 0.2", esto corrobora la hipótesis planteada que la adición de sulfato de calcio de 10%, 15% y 25% en suelos cohesivos aumenta la Capacidad Portante (CBR), más de 5%.

A continuación, se mostrarán los resultados de los datos que se obtuvieron y se discutieron anteriormente.

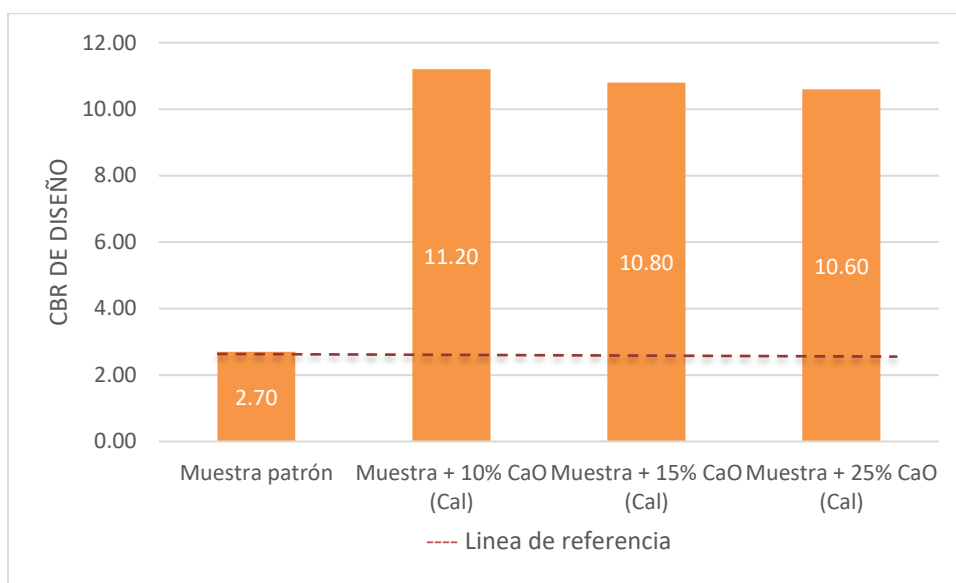


Gráfico 15: CBR con cal

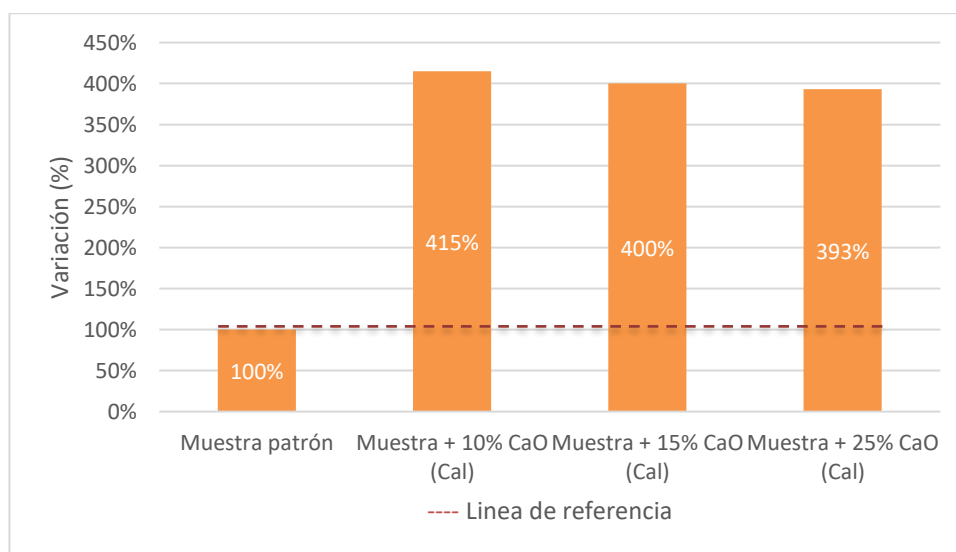


Gráfico 16: Variación en porcentaje de la muestra patrón con muestras con cal

Como se puede observar, la Capacidad Portante aumenta más de 5% en los tres porcentajes añadidos, siendo el mayor aumento al adicionar 10 de Cal con una diferencia de 315% o 3.15 veces su valor inicial.

Comparado con uno de los antecedentes Altamirano G. & Diaz A. (2015) en su tesis titulada “Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en la Vías de la comunidad San Isidro del Pegón, Municipio Potosí – Rivas, menciona que al estabilizar un suelo cohesivo con Cal la Capacidad Portante (CBR) aumenta en más de un 10%. En relación a los resultados obtenidos por el autor en su investigación, se pudo apreciar que el comportamiento de un suelo cohesivo tiene a aumentar la capacidad portante en relación al aumento del porcentaje de cal, en nuestro caso el aumento es de más de 10% adicionando 10% de Cal, mientras que con 15% y 25% disminuye en relación al porcentaje anterior, pero se mantiene dentro del rango para cumplir la hipótesis.

Otra investigación como la de Beltrán y Copado, ya en su tema de investigación denominada “Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa de subrasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de ciudad de Obregón” se concluyó que, al estabilizar un suelo arcilloso con cal, se pueden demostrar el incremento de la capacidad de soporte CBR, los cuales tenían que cumplir con los requerimientos mínimos de la capa subrasante. Los porcentajes de adición fueron 2.5 % de cal en peso al suelo en su estado natural, y se logró que su valor CBR de 2.20% aumentara hasta en un 22%.

Basado en estas investigaciones podemos afirmar que el aumento del CBR de un suelo arcilloso de la zona de Shudal es positivo, con la incorporación de Cal y Sulfato de Calcio.

#### **4.1.4. Recomendaciones**

- Investigar el comportamiento de suelos de la zona de Shultín y El Guitarrero con los mismos porcentajes de esta tesis o inclusive menores.
- Investigar el comportamiento de este suelo de la zona de Shudal con porcentajes menores a 10%.
- Investigar el comportamiento que tendría este suelo en el ensayo triaxial de probetas con adición de cal y sulfato de calcio.

## 4.2. Conclusiones

1. Se comprobó que la hipótesis planteada fue demostrada, ya que con la adición de sulfato de calcio aumenta más del 5% en su capacidad portante (CBR), y con la adición de cal también supera el 5% de aumento en su capacidad portante CBR.
2. Se logró definir que la influencia de la adición de sulfato de calcio en 10%, 15% y 25% en el índice California Bearing ratio (CBR) para un suelo cohesivo aumenta su capacidad portante, habiendo obtenido los siguientes resultados para un CBR al 0.1": con la muestra patrón un CBR de 3.40; adicionando 10% de sulfato de calcio un CBR de 7.90; adicionando 15% de sulfato de calcio un CBR de 4.10; adicionando 25% de sulfato de calcio un CBR de 4.00; para un CBR al 0.2", con la muestra patrón un CBR de 2.70; adicionando 10% de sulfato de calcio un CBR de 7.00; adicionando 15% de sulfato de calcio un CBR de 4.65; adicionando 25% de sulfato de calcio un CBR de 4.50.
3. Se logró evaluar que la influencia de la adición de cal en 10%, 15% y 25% en el índice California Bearing ratio (CBR) para un suelo cohesivo aumenta su capacidad portante, habiendo obtenido los siguientes resultados para un CBR al 0.1": con la muestra patrón un CBR de 3.40; adicionando 10% de cal un CBR de 14.00; adicionando 15% del cal un CBR de 16.20; adicionando 25% de cal un CBR de 15.80; para un CBR al 0.2", con la muestra patrón un CBR de 2.70; adicionando 10% de cal un CBR de 11.20; adicionando 15% de cal un CBR de 10.80; adicionando 25% de cal un CBR de 10.60.
4. Se identificó que el agente estabilizador con el que se obtuvo mejores resultados fue la cal con un aumento para un CBR 0.1" de 12.80 y para un CBR 0.2" de 8.50, mientras que para el sulfato de calcio se obtuvo un CBR 0.1" de 4.50 y para un CBR 0.2" de 4.30.
5. Se determinó que, siendo el costo similar de los agentes, hay mayor rentabilidad adicionando cal, puesto que se incrementó en un 315% su valor inicial a diferencia del sulfato de calcio que solo incrementó en un 159%.

## REFERENCIAS

- Altamirano G. & Diaz A. (2015) *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, Municipio Potosí – Rivas.* (Tesis de titulación). Universidad Autónoma de Nicaragua.
- Beltrán, M. y Copado, J. (2011). *Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de Ciudad Obregón.* (Tesis de titulación). Universidad César Vallejo.
- Camarena, J., Ordoñez, J., & Guichard, A. (2014). *Caracterización del subsuelo y análisis de riesgo geotécnico asociado a las arcillas expansivas de la ciudad Tuxtla Gutiérrez.* Ingeniería investigación y tecnología, 453-470.
- Sencico. CE.020 (2012). *Suelos y Taludes DS N° 017-2012*
- Das, BM. 2012. *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones.* 7 ed. León Cárdenas, J (trad.). Ciudad de México, México, Cengage Learning. 794 p.
- Díaz & Mejía, (2004). “*Estabilización de suelos mediante el uso de un aditivo químico a base de compuestos inorgánicos*”. Bucaramanga, Colombia.
- Di Rado, Héctor R. - Fabre, Viviana E. - Miño, Federico D. (2000) *Estabilización de suelos con tanino.* 4p
- Fratelli, María G. (1993). *Suelos, Fundaciones y Muros.* Caracas, Venezuela, Bonalde Editores. 570 p.
- IECA. (2008). *Estabilización de suelos con cemento o cal.* Madrid. 1 p.
- Jara, R (2014) *Efecto de la cal como estabilizante de una Subrasante de suelo arcilloso.* (Tesis de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca
- Juárez Badillo, Rico Rodríguez (2005). *Mecánica de Suelos.* México. Limusa.
- Kraemer, C; Pardillo, JM; Rocci, S; Romana, MG; Sánchez Blanco, V; del Val, MA. (2004) *Ingeniería de Carreteras.* Madrid, España. v. 2, 555 p.
- Luis Villacreces (2012). *Evaluación de oxidación química asistida con detergente para tratamiento de suelos contaminados* 8p
- Manuel Mateos de Vicente (2014). *Efectos del cloruro cálcico en la estabilidad de las tierras.* 2p.

- Marquina, M. (2008) *Uso de las escorias obtenidas como sub producto de la elaboración de acero n°2 de Aceros Arequipa – Pisco para fines de cimentación y pavimentación*. (Tesis de titulación). Universidad Ricardo Palma.
- Mitchell, J. K. y Soga, K. (2005) *Fundamentals of Soil Behavior*, John Wiley & Sons, New York.
- MTC E 1109 (2004). Norma técnica de estabilizadores químicos.
- MTC (2008). Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- NTP 339.128 (1999). Análisis granulométrico.
- NTP 339.134 (1999). Clasificación SUCS.
- NTP 339.127 (1999). Contenido de humedad.
- NTP 339.129 (1999). Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.
- NTP 339.141 (1999). Método de ensayo Proctor modificado.
- NTP 339.145 (1999). Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de california) de suelos compactados en laboratorio.
- Pérez. (2012). *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos*. Maestro en Ciencias. Lima, PE. 54 y 55p
- Rodríguez, E., Rondón, H., Vélez, D. & Aguirre, L. (2006). *Influencia de la inclusión de desechos de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase*. Revista Ingenierías Universidad de Medellin.5(9) pp.21-30.
- Rojas Foinquinos, j., & Alva Hurtado, J. (2005). *Arcillas y lutitas expansivas en el norte y nororiente peruano*. Lima: Universidad nacional de ingeniería.
- Sánchez, C., Castro, J., Ureña, C., & Azañon, J. (2014). *Stabilization of Clay and Marly soils using industrial waste, PH and Laser granulometry indicators*. título engineering Geology, 10-17.
- Silva Arce, M. (2016). *Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo TX140 y TX160, aplicado a un tramo de la calle Alemania-la Molina Cajamarca*. (Tesis de Título). Universidad Privada del Norte.

## **ANEXOS**

## ANEXO N°1 - PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1: *Extracción de la muestra de la cantera*



Fotografía 2: *Secado de Material*



Fotografía 3: *Elaboración del ensayo "Contenido de Humedad"*



Fotografía 4: *Tesista en el horno de secado para la elaboración del ensayo "Contenido de Humedad"*





Fotografía 5: Realización del ensayo "Límites de Atterberg"



Fotografía 6: Muestras del ensayo "límites de atterberg"



Fotografía 7: Realización del ensayo "análisis granulométrico mediante lavado"



Fotografía 8: Chancado de material para realizar los ensayos de proctor y CBR



Fotografía 9: Realización del ensayo "proctor modificado"



Fotografía 10: Tesista junto al asesor en la realización del ensayo "CBR"



Fotografía 11: *Moldes con las muestras del ensayo "CBR"*



Fotografía 12: *Preparación de los moldes para ensayo "Hinchamiento"*



Fotografía 13: Realización del ensayo "hinchamiento"



Fotografía 14: Drenado de los moldes luego del ensayo "hinchamiento"



Fotografía 15: Realización del ensayo "carga – penetración"



## **ANEXO N°2 – PROTOCOLOS DE ENSAYOS**

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127			CH-LS-UPNC: .....
	TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.			
CALICATA:		ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHULTIN		COLOR DE MATERIAL:	ARENA	
FECHA DE MUESTREO:	C-16-09-2018		RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA	
FECHA DE ENSAYO:	C-17-09-2018		REVISADO POR:		

Temperatura de Secado

60 °C / 110 °C / Ambiente

Método

Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		T1.1	T1.2	T1.3
B	Peso del Recipiente	gr	47.80	47.80	48.00
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	201.50	206.40	201.60
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	175.70	180.30	176.30
E	Peso del suelo humedo (Wmh) C - B	gr	153.70	158.60	153.60
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	127.90	132.50	128.30
W%	Porcentaje de humedad (E-F / F) * 100	%	20.17	19.70	19.72
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	19.86		

$$(W\%) = \frac{Wmh - Ws}{Ws} * 100$$

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 17 - 09 - 2018	FECHA: C - 17 - 09 - 2018	FECHA: C - 17 - 09 - 2018



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
<b>ENSAYO:</b>		CONTENIDO DE HUMEDAD		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>		MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127		CH-LS-UPNC: .....	
<b>TESIS:</b>		CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.			
CALICATA:		ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:		GUIARRERO		COLOR DE MATERIAL:	BLANCO
FECHA DE MUESTREO:	C-16-09-2018	RESPONSABLE:		RENZO GUERRERO MALPICA	
FECHA DE ENSAYO:	C-17-09-2018	REVISADO POR:			

Temperatura de Secado

60 °C / 110 °C / Ambiente

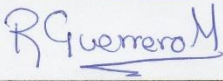
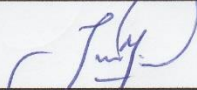
Método

Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		T2.1	T2.2	T2.3
B	Peso del Recipiente	gr	36.70	36.50	36.50
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	202.30	201.80	205.60
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	157.00	156.50	159.60
E	Peso del suelo humedo (W <sub>mh</sub> ) C - B	gr	165.60	165.30	169.10
F	Peso Suelo Seco (W <sub>s</sub> ) D - B	gr	120.30	120.00	123.10
W%	Porcentaje de humedad (E-F / F) * 100	%	37.66	37.75	37.37
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	37.59		

$$(W\%) = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100$$

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 17 - 09 - 2018	FECHA: C - 17 - 09 - 2018	FECHA: C - 17 - 09 - 2018

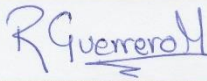
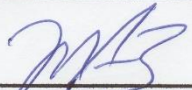
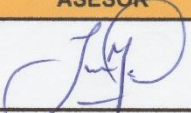
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	<b>ENSAYO:</b>	CONTENIDO DE HUMEDAD	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
	<b>NORMA:</b>	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127	CH-LS-UPNC: .....
	<b>PROYECTO:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.	
<b>CALICATA:</b>		<b>ESTRATO:</b>	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>
			ARCILLA
<b>UBICACIÓN:</b>		<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	VERDE
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	C-16-09-2018	<b>RESPONSABLE:</b>	RENZO GUERRERO MALPICA
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	C-17-09-2018	<b>REVISADO POR:</b>	

Temperatura de Secado  
60 °C / 110 °C / Ambiente

Método  
Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		T3.1	T3.2	T3.3
B	Peso del Recipiente	gr	27.70	27.60	26.70
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	124.40	121.50	123.50
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	102.70	99.50	100.50
E	Peso del suelo humedo (W <sub>mh</sub> ) C - B	gr	96.80	94.00	96.80
F	Peso Suelo Seco (W <sub>s</sub> ) D - B	gr	75.00	71.90	73.80
W%	Porcentaje de humedad (E-F / F) * 100	%	29.07	30.74	31.17
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	30.32		

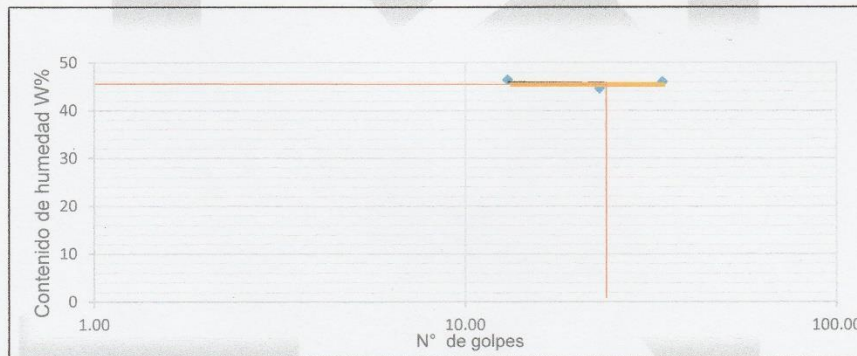
$$(W\%) = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 17 - 09 - 2018	FECHA: C - 17 - 09 - 2018	FECHA: C - 17 - 09 - 2018

<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO:</b>	LÍMITES DE PLASTICIDAD		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111		LP-LS-UPNC: .....
<b>PROYECTO:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.		
<b>CALICATA:</b>		<b>ESTRATO:</b>	<b>TIPO DE MATERIAL:</b> ARCILLA
<b>UBICACIÓN:</b>	SHULTIN	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	ARENA
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	C-16-09-2018	<b>RESPONSABLE:</b>	RENZO GUERRERO MALPICA
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	C-17-09-2018	<b>REVISADO POR:</b>	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de Recipiente	N°	T3.1	T3.4	T3.5	
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	54.40	66.80	62.30	
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	45.90	54.70	51.20	
D	Peso de Recipiente	gr	27.60	27.60	27.10	
E	Peso del Agua	gr	8.50	12.10	11.10	
F	Peso Suelo Seco	gr	18.30	27.10	24.10	
G	Número de Golpes	N	13.00	23.00	34.00	
H	Contenido de Humedad	%	46.45	44.65	46.06	

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de Recipiente	N°	T1.1	T1.5	T1.3	
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	49.20	51.20	49.40	
C	Suelo Seco + Tara	gr	49.00	50.70	49.20	
D	Peso de Tara	gr	47.80	47.90	48.00	
E	Peso del Agua	gr	0.20	0.50	0.20	
F	Peso Suelo Seco	gr	1.20	2.80	1.20	
G	Contenido de Humedad	%	16.67	17.86	16.67	
H	Promedio Límite Plástico	%	<b>17.06</b>			



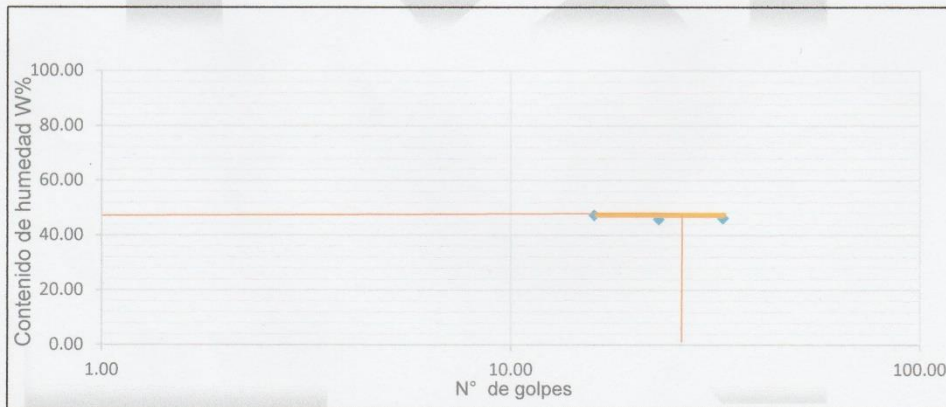
**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 17 - 09 - 2018	FECHA: C - 17 - 09 - 2018	FECHA: C - 17 - 09 - 2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: LP-LS-UPNC: .....
NORMA:	ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111		
PROYECTO:	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	QUITARRERO	COLOR DE MATERIAL:	BLANCO
FECHA DE MUESTREO:	C-16-09-2018	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-18-09-2018	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°	L1	L4	L5		
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	45.10	45.40	40.80		
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	39.60	39.80	36.40		
D	Peso de Recipiente	gr	27.70	27.60	27.10		
E	Peso del Agua	gr	5.50	5.60	4.40		
F	Peso Suelo Seco	gr	11.90	12.20	9.30		
G	Número de Golpes	N	13.00	23.00	34.00		
H	Contenido de Humedad	%	46.22	45.90	47.31		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°	LP1	LP2	LP4		
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	29.40	29.60	31.20		
C	Suelo Seco + Tara	gr	28.70	28.90	30.10		
D	Peso de Tara	gr	26.80	27.00	27.00		
E	Peso del Agua	gr	0.70	0.70	1.10		
F	Peso Suelo Seco	gr	1.90	1.90	3.10		
G	Contenido de Humedad	%	36.84	36.84	35.48		
H	Promedio Límite Plástico	%	36.39				



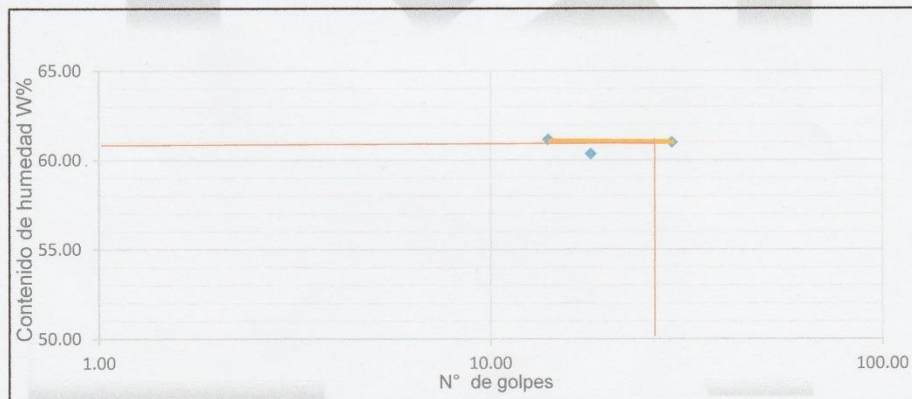
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 18 - 09 - 2018	FECHA: C - 18 - 09 - 2018	FECHA: C - 18 - 09 - 2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	LÍMITES DE PLASTICIDAD	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>	ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111	LP-LS-UPNC: .....	
<b>PROYECTO:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.		
<b>CALICATA:</b>	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
<b>UBICACIÓN:</b>	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	C-16-09-2018	<b>RESPONSABLE:</b>	RENZO GUERRERO MALPICA
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	C-20-09-2018	<b>REVISADO POR:</b>	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°	3.1	3.4	3.5		
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	46.70	45.40	40.80		
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	39.50	38.70	35.60		
D	Peso de Recipiente	gr	27.70	27.60	27.10		
E	Peso del Agua	gr	7.20	6.70	5.20		
F	Peso Suelo Seco	gr	11.80	11.10	8.50		
G	Número de Golpes	N	13.00	23.00	34.00		
H	Contenido de Humedad	%	61.02	60.36	61.18		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°	2.1	2.2	2.4		
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	39.50	39.00	41.20		
C	Suelo Seco + Tara	gr	38.80	38.40	39.80		
D	Peso de Tara	gr	36.70	36.50	35.40		
E	Peso del Agua	gr	0.70	0.60	1.40		
F	Peso Suelo Seco	gr	2.10	1.90	4.40		
G	Contenido de Humedad	%	33.33	31.58	31.82		
H	Promedio Límite Plástico	%	32.24				



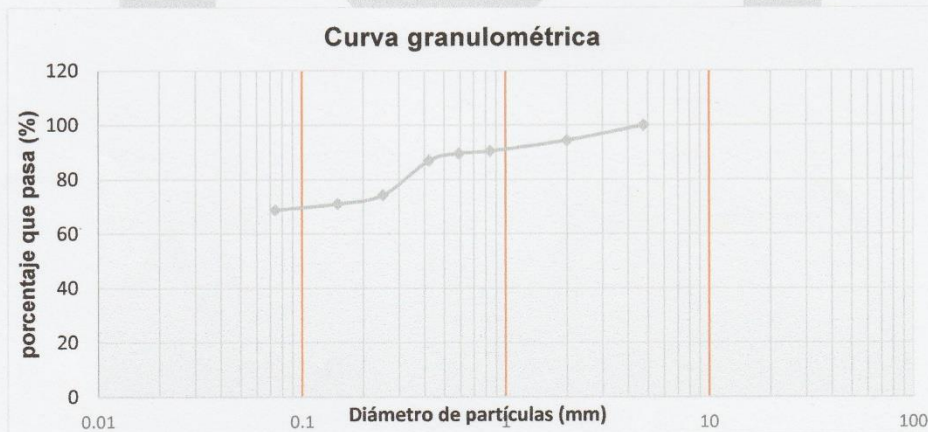
**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 20 - 09 - 2018	FECHA: C - 20 - 09 - 2018	FECHA: C - 20 - 09 - 2018

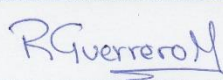
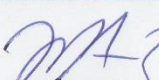
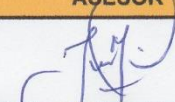
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	ASTM D421		AGTL-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHULTIN	COLOR DE MATERIAL:	ARENA
FECHA DE MUESTREO:	C-16-09-2018	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-20-09-2018	REVISADO POR:	

Peso de muestra seca; W<sub>s</sub>                      200    gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
Nº 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº10	2	11.20	5.60	5.60	94.40
Nº20	0.84	7.80	3.90	9.50	90.50
Nº30	0.59	1.80	0.90	10.40	89.60
Nº40	0.42	5.20	2.60	13.00	87.00
Nº60	0.25	25.40	12.70	25.70	74.30
Nº100	0.15	6.50	3.25	28.95	71.05
Nº200	0.074	4.60	2.30	31.25	68.75
Perdida	Lavado	137.50	68.75	100.00	
Total		200.00			



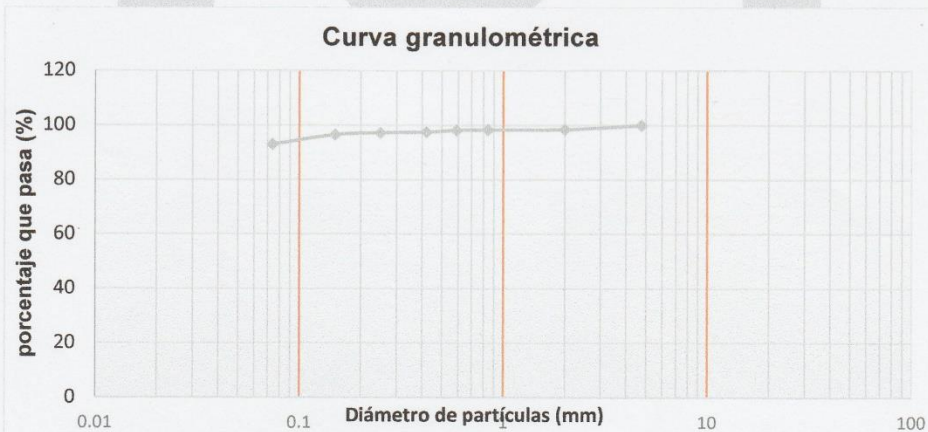
**OBSERVACIONES:**

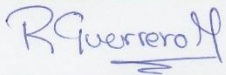
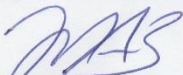
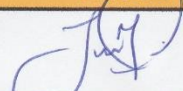
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 20 - 09 - 2018	FECHA: C - 20 - 09 - 2018	FECHA: C - 20 - 09 - 2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	ASTM D421		AGTL-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.		
<b>CALICATA:</b>		<b>ESTRATO:</b>	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>
			ARCILLA
<b>UBICACIÓN:</b>	GUITARRERO	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	BLANCO
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	C-16-09-2018	<b>RESPONSABLE:</b>	RENZO GUERRERO MALPICA
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	C-21-09-2018	<b>REVISADO POR:</b>	

Peso de muestra seca;  $W_s$                       200    gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
Nº 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº10	2	3.00	1.50	1.50	98.50
Nº20	0.84	0.40	0.20	1.70	98.30
Nº30	0.59	0.20	0.10	1.80	98.20
Nº40	0.42	1.30	0.65	2.45	97.55
Nº60	0.25	0.60	0.30	2.75	97.25
Nº100	0.15	1.40	0.70	3.45	96.55
Nº200	0.074	7.10	3.55	7.00	93.00
Perdida	Lavado	186.00	93.00	100.00	
Total		200.00			



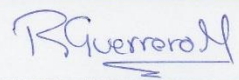
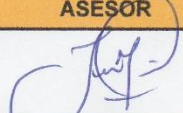
<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 21 - 09 - 2018	FECHA: C - 21 - 09 - 2018	FECHA: C - 21 - 09 - 2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
<b>ENSAYO:</b>	ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>	ASTM D421			AGTL-LS-UPNC: .....	
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.				
CALICATA:		ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL		COLOR DE MATERIAL:	VERDE	
FECHA DE MUESTREO:	C-16-09-2018	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA		
FECHA DE ENSAYO:	C-24-09-2018	REVISADO POR:			

Peso de muestra seca;  $W_s$       200    gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
Nº 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº10	2	1.20	0.60	0.60	99.40
Nº20	0.84	1.00	0.50	1.10	98.90
Nº30	0.59	0.30	0.15	1.25	98.75
Nº40	0.42	0.90	0.45	1.70	98.30
Nº60	0.25	9.70	4.85	6.55	93.45
Nº100	0.15	6.30	3.15	9.70	90.30
Nº200	0.074	3.50	1.75	11.45	88.55
Perdida	Lavado	177.10	88.55	100.00	
Total		200.00			

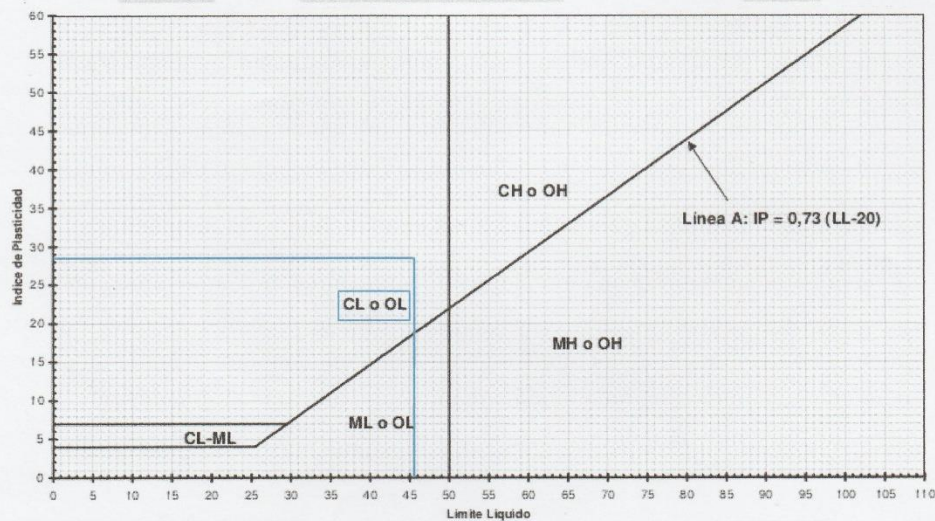


OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 24 - 09 - 2018	FECHA: C - 24 - 09 - 2018	FECHA: C - 24 - 09 - 2018

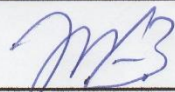



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	ASTM D2487 / NTP 339.134		SUCS-LS-UPNC: .....
<b>PROYECTO:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHULTIN	COLOR DE MATERIAL:	ARENA
FECHA DE MUESTREO:	C-16-09-2018	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-24-09-2018	REVISADO POR:	

SUELOS DE GRANO FINO	LIMOS Y ARCILLAS	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad
	Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200	LÍMITE LÍQUIDO < 50	CL
LIMOS Y ARCILLAS		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad
LÍMITE LÍQUIDO > 50		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos.
Suelos muy Orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	

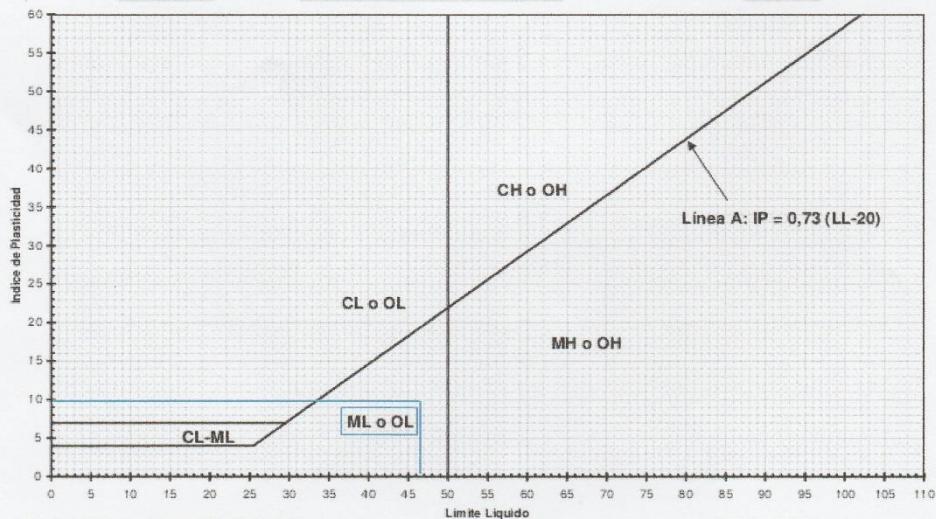


OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 24 - 09 - 2018	FECHA: C - 24 - 09 - 2018	FECHA: C - 24 - 09 - 2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	ASTM D2487 / NTP 339.134		SUCS-LS-UPNC: .....
<b>PROYECTO:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	GUITARRERO	COLOR DE MATERIAL:	BLANCO
FECHA DE MUESTREO:	C-16-09-2018	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-24-09-2018	REVISADO POR:	

SUELOS DE GRANO FINO	LIMOS Y ARCILLAS	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad
	Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200	LÍMITE LÍQUIDO < 50	CL
LIMOS Y ARCILLAS		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad
LÍMITE LÍQUIDO > 50		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos.
Suelos muy Orgánicos	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	

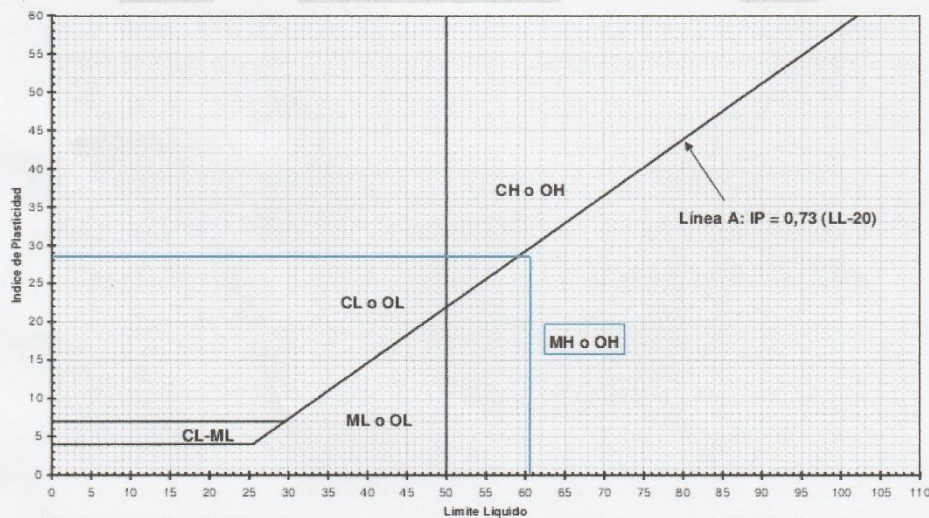


OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 24 - 09 - 2018	FECHA: C - 24 - 09 - 2018	FECHA: C - 24 - 09 - 2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADOS SUCS		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	ASTM D2487 / NTP 339.134		SUCS-LS-UPNC: .....
<b>PROYECTO:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10, 15 Y 25%.		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-16-09-2018	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-24-09-2018	REVISADO POR:	

SUELOS DE GRANO FINO	LIMOS Y ARCILLAS	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad
	Más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200	LÍMITE LÍQUIDO < 50	CL
LIMOS Y ARCILLAS		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad
LÍMITE LÍQUIDO > 50	Suelos muy Orgánicos	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica, limos elásticos.
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media elevada, limos orgánicos.
		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

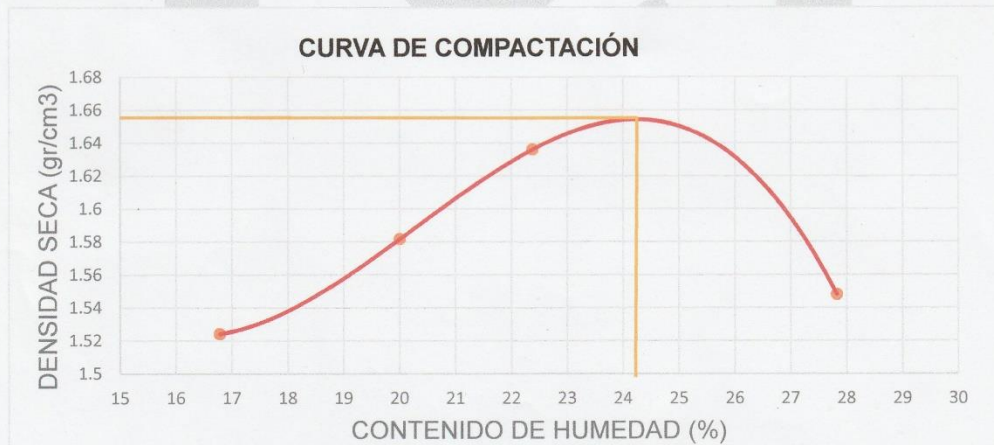


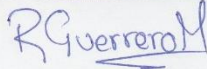

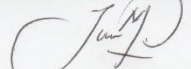
**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Renzo Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C - 24 - 09 - 2018	FECHA: C - 24 - 09 - 2018	FECHA: C - 24 - 09 - 2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM-LS-UPNC: .....	
NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		
TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:		ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-03-10-18	REVISADO POR:	

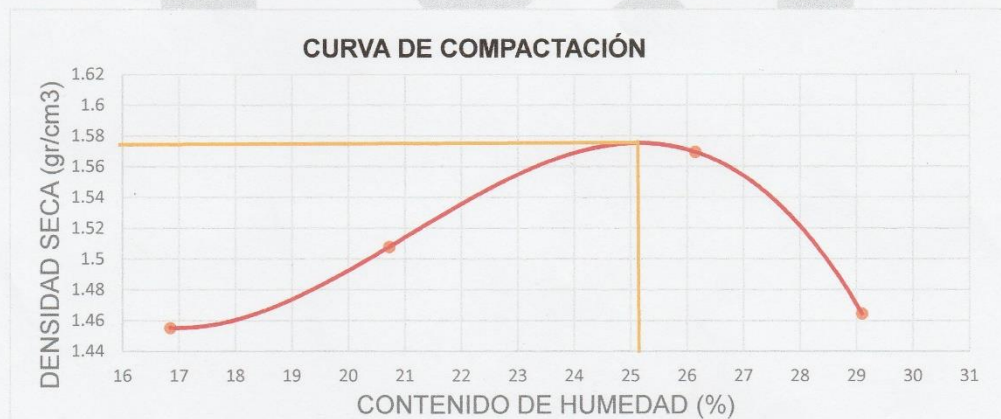
COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO PATRÓN										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5849.00		5960.00		6058.00		6036.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1674.00		1785.00		1883.00		1861.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	940.50		940.50		940.50		940.50	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.78		1.90		2.00		1.98	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	49.40	50.40	37.30	38.10	37.50	37.30	36.50	36.50
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	201.50	204.50	200.30	205.30	207.00	204.30	203.70	201.40
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	179.90	182.10	174.10	176.46	177.20	172.60	171.20	161.89
K	Peso del Agua	gr	21.60	22.40	26.20	28.84	29.80	31.70	32.50	39.51
L	Peso Muestra seca	gr	130.50	131.70	136.80	138.36	139.70	135.30	134.70	125.39
M	Contenido de Humedad W%	%	16.55	17.01	19.15	20.85	21.33	23.43	24.13	31.51
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	16.78		20.00		22.38		27.82	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.524		1.582		1.636		1.548	



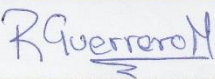

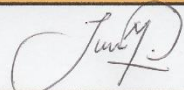
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios Especializados de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/10/2018	FECHA: C/11/10/2018	FECHA: C/11/10/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> CPM-LS-UPNC: .....	
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
<b>CALICATA:</b>		<b>ESTRATO:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	SHUDAL	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	ARCILLA
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	C-01-10-18	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	VERDE
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	C-11-10-18	<b>RESPONSABLE:</b>	RENZO GUERRERO MALPICA
		<b>REVISADO POR:</b>	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO 10% SULFATO DE CALCIO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5774.00		5887.00		6037.00		5953.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1599.00		1712.00		1862.00		1778.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	940.50		940.50		940.50		940.50	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.70		1.82		1.98		1.89	
<b>G</b>	<b>Recipiente</b>	<b>N°</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
H	Peso Recipiente	gr	28.00	27.80	28.00	28.20	26.80	27.00	26.70	27.00
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	129.50	128.90	115.80	100.80	124.00	110.60	128.10	123.10
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	114.90	114.30	100.90	88.20	104.30	92.90	105.40	101.30
K	Peso del Agua	gr	14.60	14.60	14.90	12.60	19.70	17.70	22.70	21.80
L	Peso Muestra seca	gr	86.90	86.50	72.90	60.00	77.50	65.90	78.70	74.30
M	Contenido de Humedad W%	%	16.80	16.88	20.44	21.00	25.42	26.86	28.84	29.34
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	16.84		20.72		26.14		29.09	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.455		1.508		1.570		1.464	



OBSERVACIONES:

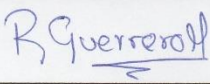
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/20/10/2018	FECHA: C/20/10/2018	FECHA: C/26/10/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> CPM-LS-UPNC: .....	
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:		ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-20-10-18	REVISADO POR:	

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO 15% SULFATO DE CALCIO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5736.00		5850.00		6028.00		5908.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1561.00		1675.00		1853.00		1733.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	940.50		940.50		940.50		940.50	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.66		1.78		1.97		1.84	
<b>G</b>	<b>Recipiente</b>	<b>Nº</b>	<b>a b</b>		<b>a b</b>		<b>a b</b>		<b>a b</b>	
H	Peso Recipiente	gr	28.00	27.80	28.00	28.20	26.80	27.00	26.70	27.00
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	130.20	132.30	102.40	114.20	101.30	105.20	94.80	117.40
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	112.90	116.60	88.80	98.30	84.30	88.20	76.80	98.20
K	Peso del Agua	gr	17.30	15.70	13.60	15.90	17.00	17.00	18.00	19.20
L	Peso Muestra seca	gr	84.90	88.80	60.80	70.10	57.50	61.20	50.10	71.20
M	Contenido de Humedad W%	%	20.38	17.68	22.37	22.68	29.57	27.78	35.93	26.97
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	19.03		22.53		28.67		31.45	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.394		1.454		1.531		1.402	

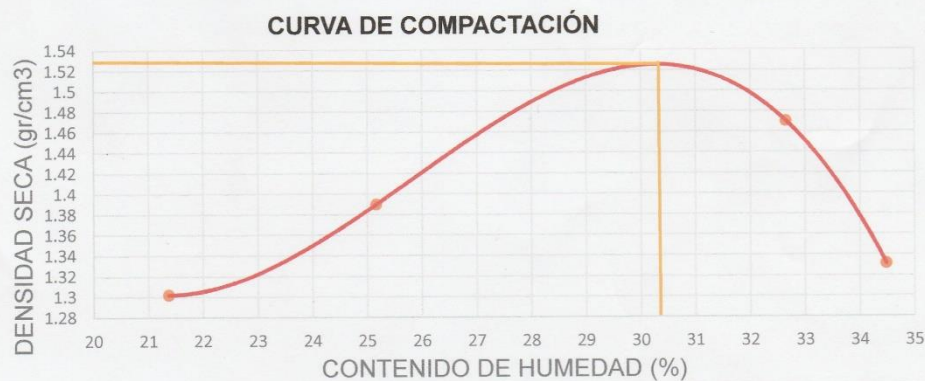


**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/26/10/2018	FECHA: C/26/10/2018	FECHA: C/26/10/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> CPM-LS-UPNC: .....	
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:		ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-20-10-18	REVISADO POR:	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO 25% SULFATO DE CALCIO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00		4175.00		4175.00		4175.00	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5661.00		5811.00		6009.00		5859.00	
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1486.00		1636.00		1834.00		1684.00	
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	940.50		940.50		940.50		940.50	
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.58		1.74		1.95		1.79	
<b>G</b>	<b>Recipiente</b>	<b>N°</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
H	Peso Recipiente	gr	28.00	27.80	28.00	28.20	26.80	27.00	26.70	27.00
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	156.40	144.20	132.80	135.30	145.80	127.40	123.40	121.80
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	133.80	123.70	111.90	113.60	116.50	102.70	98.30	97.80
K	Peso del Agua	gr	22.60	20.50	20.90	21.70	29.30	24.70	25.10	24.00
L	Peso Muestra seca	gr	105.80	95.90	83.90	85.40	89.70	75.70	71.60	70.80
M	Contenido de Humedad W%	%	21.36	21.38	24.91	25.41	32.66	32.63	35.06	33.90
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	21.37		25.16		32.65		34.48	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.302		1.390		1.470		1.331	



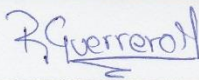
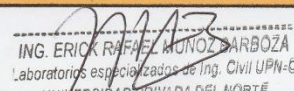
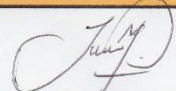
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/26/10/2018	FECHA: C/26/10/2018	FECHA: C/26/10/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> CPM-LS-UPNC: .....	
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:		ESTRATO:	
UBICACIÓN:	SHUDAL	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE ENSAYO:	C-03-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
		REVISADO POR:	

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO +10% CAL										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5699.00	5775.00	5937.70	5937.70	5937.70	5937.70	5937.70	5937.70
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1524.00	1600.00	1762.70	1762.70	1762.70	1762.70	1762.70	1762.70
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.62	1.70	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
<b>G</b>	<b>Recipiente</b>	<b>N°</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
H	Peso Recipiente	gr	49.40	50.40	37.30	38.10	37.50	37.30	36.50	36.50
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	152.30	148.30	153.20	170.50	153.20	161.00	142.20	106.40
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	138.20	134.10	134.20	149.20	132.20	137.10	118.30	90.10
K	Peso del Agua	gr	14.10	14.20	19.00	21.30	21.00	23.90	23.90	16.30
L	Peso Muestra seca	gr	88.80	83.70	96.90	111.10	94.70	99.80	81.80	53.60
M	Contenido de Humedad W%	%	15.88	16.97	19.61	19.17	22.18	23.95	29.22	30.41
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	16.42		19.39		23.06		29.81	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.392		1.425		1.523		1.416	

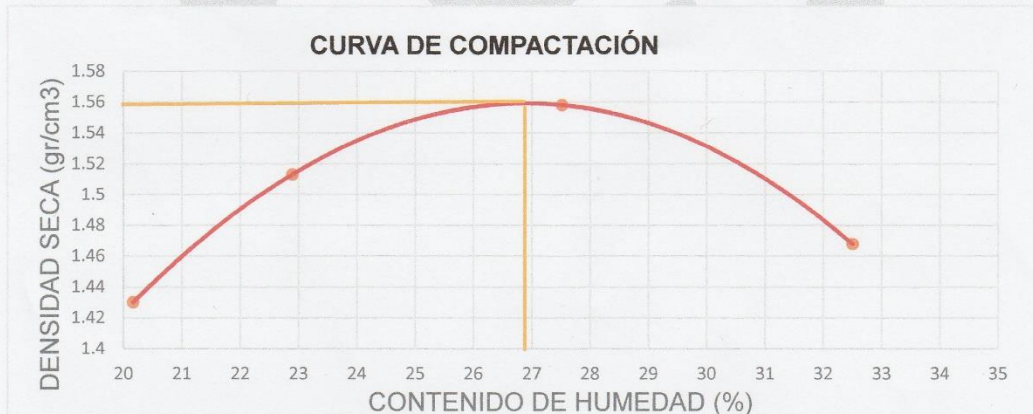


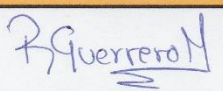
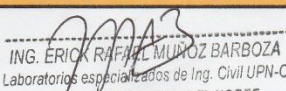
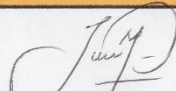
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de Ing. Civil UPN-G UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/10/2018	FECHA: C/11/10/2018	FECHA: C/11/10/2018



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> CPM-LS-UPNC: .....	
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:		ESTRATO:	
UBICACIÓN:	SHUDAL	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE ENSAYO:	C-03-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
		REVISADO POR:	

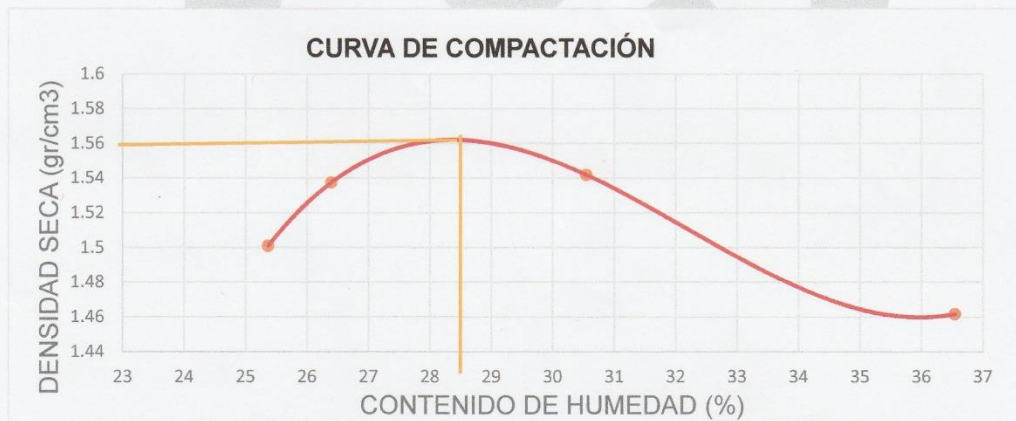
COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO +15% CAL										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5791.10	5923.70	6043.50	6043.50	6043.50	6043.50	6043.50	6043.50
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1616.10	1748.70	1868.50	1868.50	1868.50	1868.50	1868.50	1868.50
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.72	1.86	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99
<b>G</b>	<b>Recipiente</b>	<b>N°</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
H	Peso Recipiente	gr	49.40	50.40	37.30	38.10	37.50	37.30	36.50	36.50
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	155.40	148.30	145.20	155.70	163.70	151.30	151.20	149.70
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	137.80	131.70	125.10	133.80	136.80	126.40	123.10	121.90
K	Peso del Agua	gr	17.60	16.60	20.10	21.90	26.90	24.90	28.10	27.80
L	Peso Muestra seca	gr	88.40	81.30	87.80	95.70	99.30	89.10	86.60	85.40
M	Contenido de Humedad W%	%	19.91	20.42	22.89	22.88	27.09	27.95	32.45	32.55
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	20.16		22.89		27.52		32.50	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.430		1.513		1.558		1.468	



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de Ing. Civil UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/10/2018	FECHA: C/11/10/2018	FECHA: C/11/10/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	COMPATACIÓN PROCTOR MODIFICADO	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> CPM-LS-UPNC: .....	
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141		
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:		ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-03-10-18	REVISADO POR:	

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO +25% CAL										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00	4175.00
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5944.80	6002.50	6002.50	6068.00	6068.00	6068.00	6052.00	6052.00
C	Peso Muestra Húmeda	gr	1769.80	1827.50	1827.50	1893.00	1893.00	1893.00	1877.00	1877.00
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50	940.50
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.88	1.94	1.94	2.01	2.01	2.01	2.00	2.00
<b>G</b>	<b>Recipiente</b>	<b>N°</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
H	Peso Recipiente	gr	49.40	50.40	37.30	38.10	37.50	37.30	36.50	36.50
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	154.30	146.70	143.80	143.30	152.30	134.70	162.60	144.50
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	133.20	127.10	121.90	121.00	125.10	112.20	129.80	114.80
K	Peso del Agua	gr	21.10	19.60	21.90	22.30	27.20	22.50	32.80	29.70
L	Peso Muestra seca	gr	83.80	76.70	84.60	82.90	87.60	74.90	93.30	78.30
M	Contenido de Humedad W%	%	25.18	25.55	25.89	26.90	31.05	30.04	35.16	37.93
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	25.37		26.39		30.55		36.54	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.501		1.537		1.542		1.462	



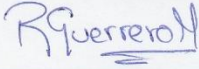

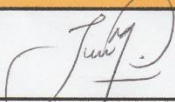
**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios Especializados de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/10/2018	FECHA: C/11/10/2018	FECHA: C/11/10/2018

<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
<b>CALICATA:</b>	<b>ESTRATO:</b>	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	ARCILLA
<b>UBICACIÓN:</b>	SHUDAL	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	VERDE
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	C-01-10-18	<b>RESPONSABLE:</b>	RENZO GUERRERO MALPICA
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	C-03-11-18	<b>REVISADO POR:</b>	

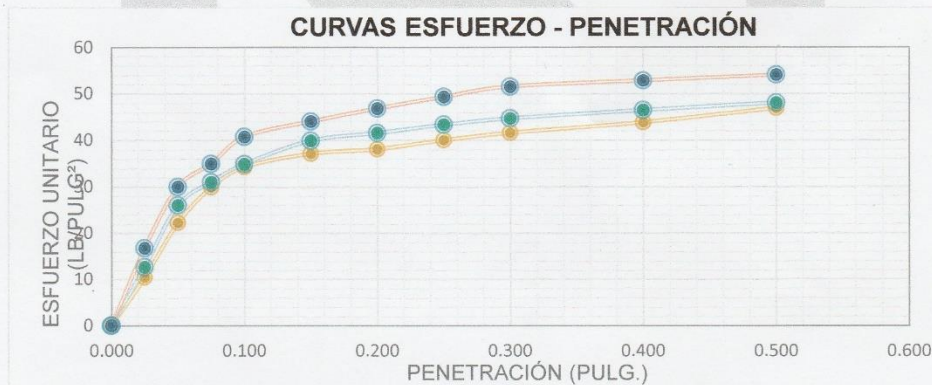
CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR PATRON										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Golpes		5			5			5		
N° Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	
Peso Molde	gr	7243.00	7243.00	7236.00	7236.00	7279.00	7279.00	7279.00	7279.00	
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11789.00	12285.00	11857.00	11945.00	12007.00	12070.00	12070.00	12070.00	
Peso Muestra húmeda	gr	4546.00	5042.00	4621.00	4709.00	4728.00	4791.00	4791.00	4791.00	
Volumen Muestra húmeda		2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	
Densidad húmeda ; Dh	gr/	1.92	2.13	1.95	1.99	1.99	1.99	1.99	2.02	
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	28.10	27.00	27.10	26.90	27.10	27.10	27.00	27.00	27.10
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	139.90	148.00	177.70	155.70	141.50	132.90	151.90	148.00	157.90
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	118.10	124.50	146.90	130.60	119.20	111.90	127.50	124.50	132.10
Peso del Agua	gr	21.80	23.50	30.80	25.10	22.30	21.00	24.40	23.50	25.80
Peso Muestra Seca	gr	90.00	97.50	119.80	103.70	92.10	84.80	100.50	97.50	105.00
Contenido de Humedad ; W%	%	24.22	24.10	25.71	24.20	24.21	24.76	24.28	24.10	24.57
Promedio Contenido de Humedad	%	24.16		25.71	24.21		24.76	24.19		24.57
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/	1.54		1.69	1.57		1.59	1.61		1.62

ENSAYO DE HINCHAMIENTO PATRON										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.127	0.127	0.100	0.106	0.106	0.080	0.089	0.089	0.070
48	2	0.146	0.146	0.110	0.121	0.121	0.090	0.100	0.100	0.080
72	3	0.157	0.157	0.120	0.138	0.138	0.110	0.124	0.124	0.100
96	4	0.163	0.163	0.130	0.143	0.143	0.110	0.131	0.131	0.100

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de m. S. UPNC UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>		MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC: .....	
<b>TESIS:</b>		CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%			
CALICATA:		ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL		COLOR DE MATERIAL:	VERDE	
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18		RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA	
FECHA DE ENSAYO:	C-03-11-18		REVISADO POR:		

CARGA - PENETRACIÓN PATRON										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	15.20	0.76	10.40	18.50	0.93	12.65	24.50	1.23	16.76
1.27	0.050	32.40	1.62	22.16	38.00	1.90	25.99	43.80	2.19	29.96
1.91	0.075	43.60	2.18	29.82	45.30	2.27	30.99	51.10	2.56	34.95
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>50.00</b>	<b>2.50</b>	<b>34.20</b>	<b>51.00</b>	<b>2.55</b>	<b>34.88</b>	<b>59.50</b>	<b>2.98</b>	<b>40.70</b>
3.81	0.150	54.20	2.71	37.07	58.30	2.92	39.88	64.30	3.22	43.98
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>55.60</b>	<b>2.78</b>	<b>38.03</b>	<b>60.70</b>	<b>3.04</b>	<b>41.52</b>	<b>68.40</b>	<b>3.42</b>	<b>46.79</b>
6.35	0.250	58.40	2.92	39.95	63.30	3.17	43.30	72.10	3.61	49.32
7.62	0.300	60.70	3.04	41.52	65.30	3.27	44.67	75.30	3.77	51.51
10.16	0.400	64.00	3.20	43.78	67.90	3.40	46.44	77.20	3.86	52.80
12.70	0.500	68.50	3.43	46.85	70.20	3.51	48.02	79.00	3.95	54.04



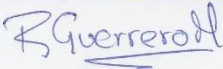

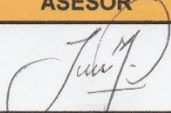
**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-03-11-18	REVISADO POR:	

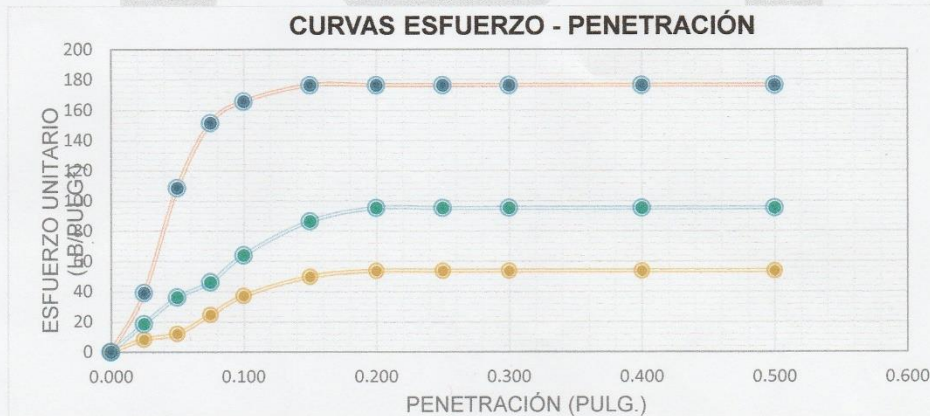
CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR + 10% SULFATO DE CALCIO										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por Capa		13		27		55				
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.			
Peso Molde	gr	7243.00	7243.00	7228.00	7228.00	7228.00	7228.00			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11608.00	12087.00	11659.00	11748.00	11769.00	11818.00			
Peso Muestra húmeda	gr	4365.00	4844.00	4431.00	4520.00	4541.00	4590.00			
Volumen Muestra húmeda		2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73			
Densidad húmeda ; Dh	gr/	1.84	2.04	1.87	1.91	1.92	1.94			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	26.90	27.10	26.90	27.10	27.00	26.90	27.10	27.00	27.00
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	130.10	139.60	169.40	158.40	152.70	148.50	155.70	148.00	156.70
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	109.40	117.10	139.40	132.10	127.50	123.70	129.90	123.80	130.50
Peso del Agua	gr	20.70	22.50	30.00	26.30	25.20	24.80	25.80	24.20	26.20
Peso Muestra Seca	gr	82.50	90.00	112.50	105.00	100.50	96.80	102.80	96.80	103.50
Contenido de Humedad ; W%	%	25.09	25.00	26.67	25.05	25.07	25.62	25.10	25.00	25.31
Promedio Contenido de Humedad	%	25.05		26.67	25.06		25.62	25.05		25.31
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/	1.47		1.61	1.49		1.52	1.53		1.55

ENSAYO DE HINCHAMIENTO + 10% SULFATO DE CALCIO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.575	0.575	0.450	0.448	0.448	0.350	0.219	0.219	0.170
48	2	0.702	0.702	0.550	0.473	0.473	0.370	0.245	0.245	0.190
72	3	0.778	0.778	0.610	0.524	0.524	0.410	0.295	0.295	0.230
96	4	0.800	0.800	0.630	0.575	0.575	0.450	0.301	0.301	0.240

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> CBR-LS-UPNC: .....	
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188			
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%			
CALICATA:		ESTRATO:		TIPO DE MATERIAL:
UBICACIÓN:	SHUDAL		COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA	
FECHA DE ENSAYO:	C-03-11-18	REVISADO POR:		

CARGA - PENETRACIÓN + 10% SULFATO DE CALCIO										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	11.80	0.59	8.07	27.10	1.36	18.54	57.20	2.86	39.12
1.27	0.050	17.40	0.87	11.90	52.80	2.64	36.12	158.70	7.94	108.55
1.91	0.075	35.80	1.79	24.49	67.30	3.37	46.03	221.40	11.07	151.44
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>54.10</b>	<b>2.71</b>	<b>37.00</b>	<b>93.50</b>	<b>4.68</b>	<b>63.95</b>	<b>242.20</b>	<b>12.11</b>	<b>165.66</b>
3.81	0.150	72.40	3.62	49.52	126.20	6.31	86.32	257.80	12.89	176.34
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>78.20</b>	<b>3.91</b>	<b>53.49</b>	<b>139.20</b>	<b>6.96</b>	<b>95.21</b>	<b>257.80</b>	<b>12.89</b>	<b>176.34</b>
6.35	0.250	78.20	3.91	53.49	139.20	6.96	95.21	257.80	12.89	176.34
7.62	0.300	78.20	3.91	53.49	139.20	6.96	95.21	257.80	12.89	176.34
10.16	0.400	78.20	3.91	53.49	139.20	6.96	95.21	257.80	12.89	176.34
12.70	0.500	78.20	3.91	53.49	139.20	6.96	95.21	257.80	12.89	176.34



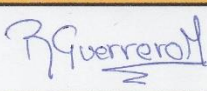

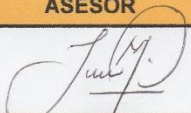
**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-03-11-18	REVISADO POR:	

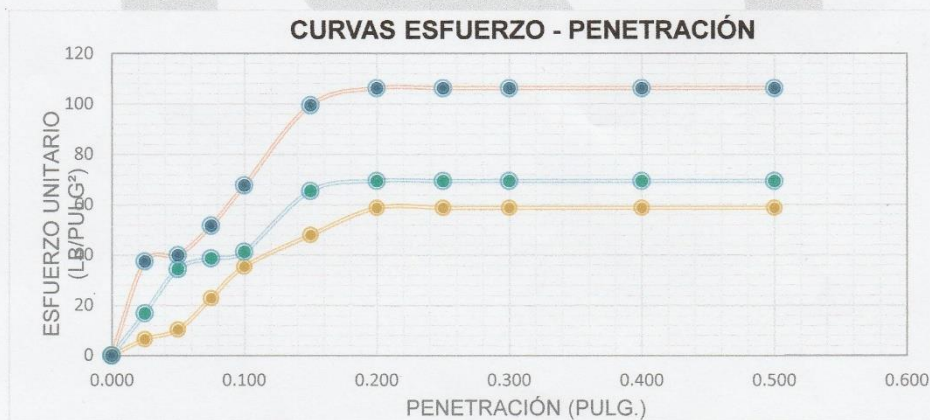
CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR + 15% SULFATO DE CALCIO										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por Capa		13		27		55				
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.			
Peso Molde	gr	7265.00	7265.00	7257.00	7257.00	7257.00	7257.00			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11633.00	12105.00	11695.00	11785.00	11772.00	11872.00			
Peso Muestra húmeda	gr	4368.00	4840.00	4438.00	4528.00	4515.00	4615.00			
Volumen Muestra húmeda		2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73			
Densidad húmeda ; Dh	gr/	1.84	2.04	1.87	1.91	1.90	1.95			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.00	27.10	27.00	27.10	27.10	27.00	27.10	27.10	27.10
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	141.60	151.20	162.60	151.20	162.70	146.10	155.10	148.40	159.30
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	117.00	124.60	132.00	124.60	133.60	120.00	127.60	122.40	130.60
Peso del Agua	gr	24.60	26.60	30.60	26.60	29.10	26.10	27.50	26.00	28.70
Peso Muestra Seca	gr	90.00	97.50	105.00	97.50	106.50	93.00	100.50	95.30	103.50
Contenido de Humedad ; W%	%	27.33	27.28	29.14	27.28	27.32	28.06	27.36	27.28	27.73
Promedio Contenido de Humedad	%	27.31		29.14	27.30		28.06	27.32		27.73
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/	1.45		1.58	1.47		1.49	1.50		1.52

ENSAYO DE HINCHAMIENTO + 15% SULFATO DE CALCIO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.625	0.625	0.490	0.502	0.502	0.390	0.241	0.241	0.190
48	2	0.726	0.726	0.570	0.523	0.523	0.410	0.289	0.289	0.230
72	3	0.813	0.813	0.640	0.578	0.578	0.450	0.304	0.304	0.240
96	4	0.845	0.845	0.660	0.601	0.601	0.470	0.325	0.325	0.250

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> CBR-LS-UPNC: .....	
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188		
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:		ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	ARCILLA
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-03-11-18	REVISADO POR:	

CARGA – PENETRACIÓN + 15% SULFATO DE CALCIO										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Lb/pl <sup>2</sup>	Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Lb/pl <sup>2</sup>	Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	9.20	0.46	6.29	24.50	1.23	16.76	54.60	2.73	37.35
1.27	0.050	14.80	0.74	10.12	50.20	2.51	34.34	58.20	2.91	39.81
1.91	0.075	33.20	1.66	22.71	56.40	2.82	38.58	75.40	3.77	51.57
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>51.50</b>	<b>2.58</b>	<b>35.23</b>	<b>60.20</b>	<b>3.01</b>	<b>41.18</b>	<b>98.80</b>	<b>4.94</b>	<b>67.58</b>
3.81	0.150	69.80	3.49	47.74	95.60	4.78	65.39	145.30	7.27	99.39
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>85.60</b>	<b>4.28</b>	<b>58.55</b>	<b>101.40</b>	<b>5.07</b>	<b>69.36</b>	<b>155.20</b>	<b>7.76</b>	<b>106.16</b>
6.35	0.250	85.60	4.28	58.55	101.40	5.07	69.36	155.20	7.76	106.16
7.62	0.300	85.60	4.28	58.55	101.40	5.07	69.36	155.20	7.76	106.16
10.16	0.400	85.60	4.28	58.55	101.40	5.07	69.36	155.20	7.76	106.16
12.70	0.500	85.60	4.28	58.55	101.40	5.07	69.36	155.20	7.76	106.16



**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018



<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> CBR-LS-UPNC: .....	
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188		
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
<b>CALICATA:</b>		<b>ESTRATO:</b>	
		<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	ARCILLA
<b>UBICACIÓN:</b>	SHUDAL	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	VERDE
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	C-01-10-18	<b>RESPONSABLE:</b>	RENZO GUERRERO MALPICA
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	C-03-11-18	<b>REVISADO POR:</b>	

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR + 25% <b>SULFATO DE CALCIO</b>										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por Capa		13		27		55				
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.			
Peso Molde	gr	7286.00	7286.00	7279.00	7279.00	7272.00	7272.00			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11718.00	12191.00	11781.00	11878.00	11818.00	11964.00			
Peso Muestra húmeda	gr	4432.00	4905.00	4502.00	4599.00	4546.00	4692.00			
Volumen Muestra húmeda		2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73			
Densidad húmeda ; Dh	gr/	1.87	2.07	1.90	1.94	1.92	1.98			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.10	27.00	26.90	27.00	27.10	27.10	27.10	27.10	27.10
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	164.00	173.60	146.10	134.50	161.10	153.10	163.80	157.80	160.30
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	132.10	139.50	116.90	109.50	129.90	123.10	132.10	127.60	129.10
Peso del Agua	gr	31.90	34.10	29.20	25.00	31.20	30.00	31.70	30.20	31.20
Peso Muestra Seca	gr	105.00	112.50	90.00	82.50	102.80	96.00	105.00	100.50	102.00
Contenido de Humedad ; W%	%	30.38	30.31	32.44	30.30	30.35	31.25	30.19	30.05	30.59
Promedio Contenido de Humedad	%	30.35		32.44	30.33		31.25	30.12		30.59
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/	1.43		1.56	1.46		1.48	1.47		1.52

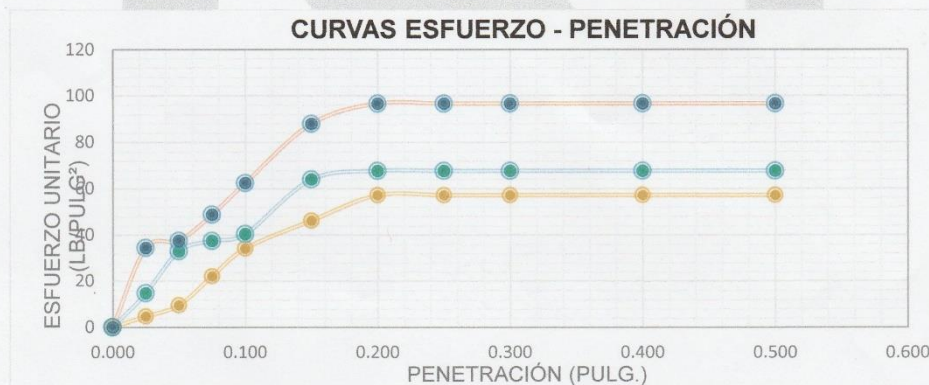
<b>ENSAYO DE HINCHAMIENTO + 25% SULFATO DE CALCIO</b>										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.600	0.600	0.470	0.492	0.492	0.380	0.201	0.201	0.160
48	2	0.710	0.710	0.550	0.503	0.503	0.390	0.273	0.273	0.210
72	3	0.790	0.790	0.620	0.548	0.548	0.430	0.301	0.301	0.240
96	4	0.820	0.820	0.640	0.599	0.599	0.470	0.315	0.315	0.250

**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLO</b>			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> CBR-LS-UPNC: .....
	<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188	
	<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%	
<b>CALICATA:</b>		<b>ESTRATO:</b>	<b>TIPO DE MATERIAL:</b> ARCILLA
<b>UBICACIÓN:</b>	SHUDAL		<b>COLOR DE MATERIAL:</b> VERDE
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	C-01-10-18	<b>RESPONSABLE:</b>	RENZO GUERRERO MALPICA
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	C-03-11-18	<b>REVISADO POR:</b>	

<b>CARGA - PENETRACIÓN + 25% SULFATO DE CALCIO</b>										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	8.20	0.41	4.61	21.50	1.08	14.71	50.30	2.52	34.41
1.27	0.050	13.80	0.69	9.44	48.20	2.41	32.97	54.70	2.74	37.41
1.91	0.075	32.20	1.61	22.02	54.70	2.74	37.41	71.20	3.56	48.70
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>49.80</b>	<b>2.49</b>	<b>34.06</b>	<b>58.90</b>	<b>2.95</b>	<b>40.29</b>	<b>91.20</b>	<b>4.56</b>	<b>62.38</b>
3.81	0.150	67.30	3.37	46.03	93.41	4.67	63.89	128.40	6.42	87.83
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>83.40</b>	<b>4.17</b>	<b>57.05</b>	<b>98.90</b>	<b>4.95</b>	<b>67.65</b>	<b>141.20</b>	<b>7.06</b>	<b>96.58</b>
6.35	0.250	83.40	4.17	57.05	98.90	4.95	67.65	141.20	7.06	96.58
7.62	0.300	83.40	4.17	57.05	98.90	4.95	67.65	141.20	7.06	96.58
10.16	0.400	83.40	4.17	57.05	98.90	4.95	67.65	141.20	7.06	96.58
12.70	0.500	83.40	4.17	57.05	98.90	4.95	67.65	141.20	7.06	96.58



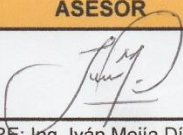
**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio especializado de Ing. Civil UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-03-11-18	REVISADO POR:	

CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR + 10% CAL										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por Capa		13		27		55				
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.			
Peso Molde	gr	7257.00	7257.00	7228.00	7228.00	7272.00	7272.00			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11609.00	12081.00	11638.00	11735.00	11781.00	11854.00			
Peso Muestra húmeda	gr	4352.00	4824.00	4410.00	4507.00	4509.00	4582.00			
Volumen Muestra húmeda		2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73			
Densidad húmeda ; Dh	gr/	1.84	2.03	1.86	1.90	1.90	1.93			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.80	27.00	26.90	27.10	26.90	27.10	27.00	27.00	27.10
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	150.60	159.10	170.40	153.70	146.80	135.20	155.50	140.20	169.20
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	125.30	132.00	139.40	127.60	122.20	112.20	129.00	117.00	139.60
Peso del Agua	gr	25.30	27.10	31.00	26.10	24.60	23.00	26.50	23.20	29.60
Peso Muestra Seca	gr	97.50	105.00	112.50	100.50	95.30	85.10	102.00	90.00	112.50
Contenido de Humedad ; W%	%	25.95	25.81	27.56	25.97	25.81	27.03	25.98	25.78	26.31
Promedio Contenido de Humedad	%	25.88		27.56	25.89		27.03	25.88		26.31
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/	1.46		1.60	1.48		1.50	1.51		1.53

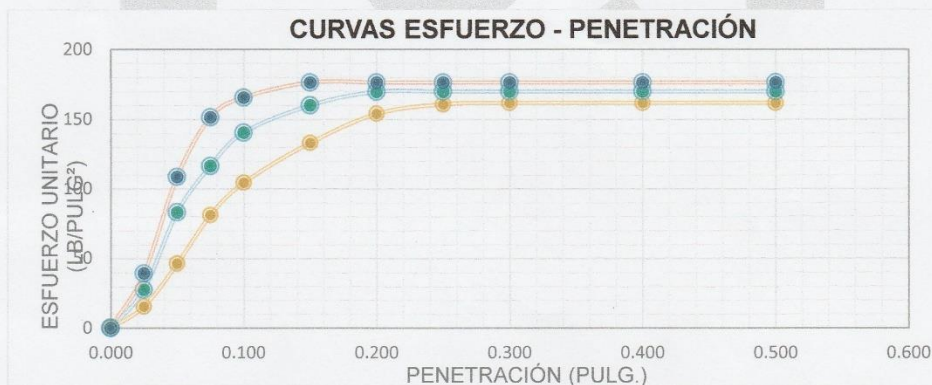
ENSAYO DE HINCHAMIENTO + 10% CAL										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.129	0.129	0.100	0.106	0.106	0.080	0.090	0.090	0.070
48	2	0.148	0.148	0.120	0.123	0.123	0.100	0.102	0.102	0.080
72	3	0.157	0.157	0.120	0.140	0.140	0.110	0.121	0.121	0.090

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de Ingeniería Civil UPN-C	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

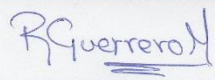
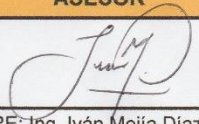
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-03-11-18	REVISADO POR:	

96	4	0.162	0.162	0.130	0.143	0.143	0.110	0.131	0.131	0.100
----	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

CARGA - PENETRACIÓN + 10% CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg.	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	22.20	1.11	15.18	40.20	2.01	27.50	57.20	2.86	39.12
1.27	0.050	67.20	3.36	45.96	121.40	6.07	83.04	158.70	7.94	108.55
1.91	0.075	118.20	5.91	80.85	170.10	8.51	116.35	221.40	11.07	151.44
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>152.40</b>	<b>7.62</b>	<b>104.24</b>	<b>205.40</b>	<b>10.27</b>	<b>140.49</b>	<b>242.20</b>	<b>12.11</b>	<b>165.66</b>
3.81	0.150	194.20	9.71	132.83	233.80	11.69	159.92	257.80	12.89	176.34
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>224.80</b>	<b>11.24</b>	<b>153.76</b>	<b>248.20</b>	<b>12.41</b>	<b>169.77</b>	<b>257.80</b>	<b>12.89</b>	<b>176.34</b>
6.35	0.250	234.80	11.74	160.60	248.40	12.42	169.91	257.80	12.89	176.34
7.62	0.300	236.20	11.81	161.56	248.40	12.42	169.91	257.80	12.89	176.34
10.16	0.400	236.20	11.81	161.56	248.40	12.42	169.91	257.80	12.89	176.34
12.70	0.500	236.20	11.81	161.56	248.40	12.42	169.91	257.80	12.89	176.34



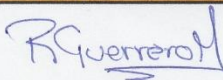
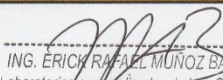
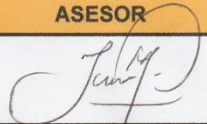
**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-03-11-18	REVISADO POR:	

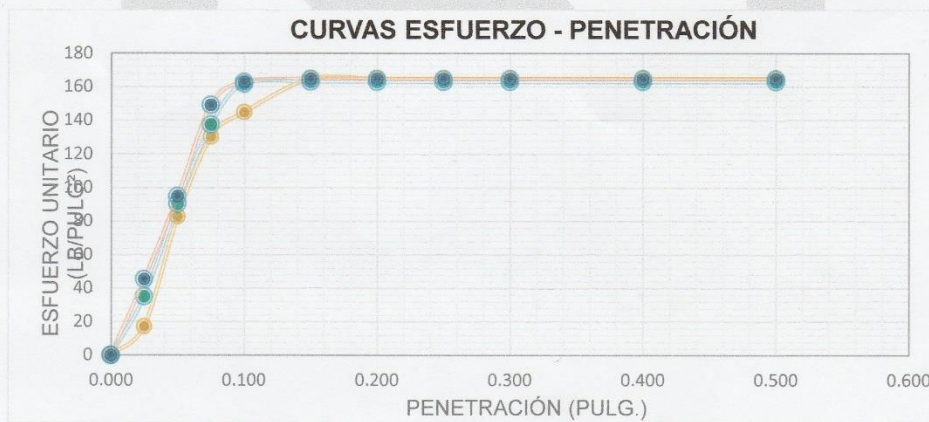
CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR + 15% CAL										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por Capa		13		27		55				
Condición de Muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.			
Peso Molde	gr	7243.00	7243.00	7214.00	7214.00	7279.00	7279.00			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11622.00	12106.00	11653.00	11751.00	11835.00	11882.00			
Peso Muestra húmeda	gr	4379.00	4863.00	4439.00	4537.00	4556.00	4603.00			
Volumen Muestra húmeda		2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73	2370.73			
Densidad húmeda ; Dh	gr/	1.85	2.05	1.87	1.91	1.92	1.94			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	28.10	27.00	26.90	27.10	26.90	27.10	27.00	27.00	27.10
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	142.30	169.60	161.80	158.60	145.80	135.20	151.80	150.60	160.80
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	118.10	139.50	131.90	130.60	120.70	111.90	125.30	124.50	132.10
Peso del Agua	gr	24.20	30.10	29.90	28.00	25.10	23.30	26.50	26.10	28.70
Peso Muestra Seca	gr	90.00	112.50	105.00	103.50	93.80	84.80	98.30	97.50	105.00
Contenido de Humedad ; W%	%	26.89	26.76	28.48	27.05	26.76	27.48	26.96	26.77	27.33
Promedio Contenido de Humedad	%	26.82		28.48	26.91		27.48	26.86		27.33
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/	1.46		1.60	1.48		1.50	1.51		1.52

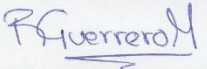

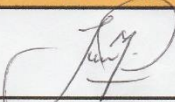
ENSAYO DE HINCHAMIENTO + 15% CAL										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.124	0.124	0.100	0.102	0.102	0.080	0.086	0.086	0.070
48	2	0.143	0.143	0.110	0.119	0.119	0.090	0.098	0.098	0.080
72	3	0.153	0.153	0.120	0.136	0.136	0.110	0.117	0.117	0.090
96	4	0.159	0.159	0.120	0.139	0.139	0.110	0.128	0.128	0.100

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio especializado de Ingn. Civil UPN-C	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-03-11-18	REVISADO POR:	

CARGA - PENETRACIÓN + 15% CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	24.90	1.25	17.03	51.10	2.56	34.95	66.20	3.31	45.28
1.27	0.050	120.60	6.03	82.49	132.00	6.60	90.29	138.50	6.93	94.73
1.91	0.075	190.20	9.51	130.10	200.80	10.04	137.35	218.00	10.90	149.11
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>211.40</b>	<b>10.57</b>	<b>144.60</b>	<b>236.20</b>	<b>11.81</b>	<b>161.56</b>	<b>238.00</b>	<b>11.90</b>	<b>162.79</b>
3.81	0.150	240.60	12.03	164.57	238.00	11.90	162.79	240.80	12.04	164.71
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>240.60</b>	<b>12.03</b>	<b>164.57</b>	<b>238.00</b>	<b>11.90</b>	<b>162.79</b>	<b>240.80</b>	<b>12.04</b>	<b>164.71</b>
6.35	0.250	240.60	12.03	164.57	238.00	11.90	162.79	240.80	12.04	164.71
7.62	0.300	240.60	12.03	164.57	238.00	11.90	162.79	240.80	12.04	164.71
10.16	0.400	240.60	12.03	164.57	238.00	11.90	162.79	240.80	12.04	164.71
12.70	0.500	240.60	12.03	164.57	238.00	11.90	162.79	240.80	12.04	164.71

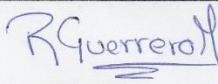
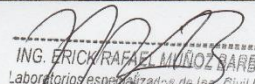
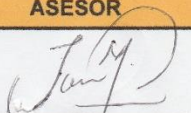


OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorios especializados de Ing. Civil UPN-C	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>
<b>NORMA:</b>	MTC E132 / ASTM D188		CBR-LS-UPNC: .....
<b>TESIS:</b>	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%		
CALICATA:	ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	SHUDAL	COLOR DE MATERIAL:	VERDE
FECHA DE MUESTREO:	C-01-10-18	RESPONSABLE:	RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:	C-03-11-18	REVISADO POR:	

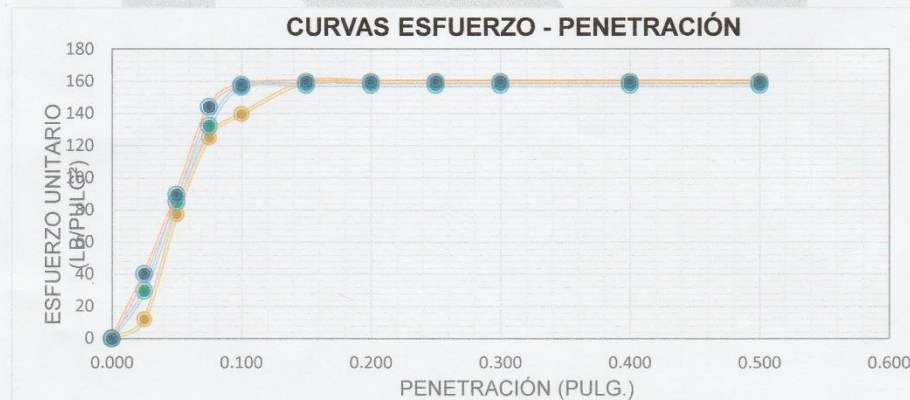
CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR + 25% CAL										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Golpes		5			5			5		
N° Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		Antes	Despu.		Antes	Despu.	Antes	Despu.		
Peso Molde	gr	7257.00	7257.00		7243.00	7243.00	7243.00	7243.00		
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11613.00	12090.00		11666.00	11758.00	11757.00	11836.00		
Peso Muestra húmeda	gr	4356.00	4833.00		4423.00	4515.00	4514.00	4593.00		
Volumen Muestra húmeda		2370.73	2370.73		2370.73	2370.73	2370.73	2370.73		
Densidad húmeda ; Dh	gr/	1.84	2.04		1.87	1.90	1.90	1.94		
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	27.00	27.10	27.00	27.10	27.10	27.00	27.10	27.10	27.10
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	142.50	132.90	163.70	152.20	154.20	146.10	158.10	150.20	159.30
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	117.00	109.60	132.00	124.60	126.10	119.30	129.10	123.10	129.90
Peso del Agua	gr	25.50	23.30	31.70	27.60	28.10	26.80	29.00	27.10	29.40
Peso Muestra Seca	gr	90.00	82.50	105.00	97.50	99.00	92.30	102.00	96.00	102.80
Contenido de Humedad ; W%	%	28.33	28.24	30.19	28.31	28.38	29.04	28.43	28.23	28.60
Promedio Contenido de Humedad	%	28.29		30.19	28.35		29.04	28.33		28.60
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/	1.43		1.57	1.45		1.48	1.48		1.51

ENSAYO DE HINCHAMIENTO + 25% CAL										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.121	0.121	0.090	0.100	0.100	0.080	0.082	0.082	0.060
48	2	0.140	0.140	0.110	0.117	0.117	0.090	0.096	0.096	0.080
72	3	0.149	0.149	0.120	0.132	0.132	0.100	0.115	0.115	0.090
96	4	0.160	0.160	0.120	0.137	0.137	0.110	0.126	0.126	0.100

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 ING. ERICK RAFAEL MUÑOZ BARBOZA Laboratorio especializado de Ing. Civil UBN 6	
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS-UPNC: .....
	NORMA:	MTC E132 / ASTM D188	
	TESIS:	CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO COHESIVO ESTABILIZADO CON CAL Y SULFATO DE CALCIO AL 10%, 15% Y 25%	
CALICATA:		ESTRATO:	TIPO DE MATERIAL: ARCILLA
UBICACIÓN:		SHUDAL	COLOR DE MATERIAL: VERDE
FECHA DE MUESTREO:		C-01-10-18	RESPONSABLE: RENZO GUERRERO MALPICA
FECHA DE ENSAYO:		C-03-11-18	REVISADO POR:

CARGA - PENETRACIÓN + 25% CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup> Lb/pl <sup>2</sup>		Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup> Lb/pl <sup>2</sup>		Carga kg	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup> Lb/pl <sup>2</sup>	
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	17.30	0.87	11.83	43.50	2.18	29.75	58.60	2.93	40.08
1.27	0.050	113.00	5.65	77.29	124.40	6.22	85.09	130.90	6.55	89.54
1.91	0.075	182.60	9.13	124.90	193.20	9.66	132.15	210.40	10.52	143.91
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>203.80</b>	<b>10.19</b>	<b>139.40</b>	<b>228.60</b>	<b>11.43</b>	<b>156.36</b>	<b>230.40</b>	<b>11.52</b>	<b>157.59</b>
3.81	0.150	233.00	11.65	159.37	230.40	11.52	157.59	233.20	11.66	159.51
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>233.00</b>	<b>11.65</b>	<b>159.37</b>	<b>230.40</b>	<b>11.52</b>	<b>157.59</b>	<b>233.20</b>	<b>11.66</b>	<b>159.51</b>
6.35	0.250	233.00	11.65	159.37	230.40	11.52	157.59	233.20	11.66	159.51
7.62	0.300	233.00	11.65	159.37	230.40	11.52	157.59	233.20	11.66	159.51
10.16	0.400	233.00	11.65	159.37	230.40	11.52	157.59	233.20	11.66	159.51
12.70	0.500	233.00	11.65	159.37	230.40	11.52	157.59	233.20	11.66	159.51



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Renzo José Guerrero Malpica	NOMBRE: Ing. Erick Muñoz Barboza	NOMBRE: Ing. Iván Mejía Díaz
FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018	FECHA: C/11/11/2018