



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Estabilización de suelos arcillosos de subrasante incorporando cal y cloruro de sodio, carretera Titilaca – Santa Rosa, Puno, 2021”

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Velasquez Quispe Omar Ruben (ORCID: 0000-0002-2884-2205)

**ASESOR:**

Mg. Olarte Pinares Jorge Richard (ORCID: 0000-0001-5699-1323)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

### **Dedicatoria**

A mis padres por contar con su apoyo moral para mi superación personal. A mis hermanos por contar en todo momento con su apoyo moral para poder culminar mis metas.

### **Agradecimiento**

Gracias a Dios, a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todos por el apoyo, y por la confianza para poder realizar esta tesis.

## Índice de Contenido

Caratula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Contenido .....	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de Figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1. Tipo y diseño de la investigación .....	11
3.2. Variables y operalización .....	12
3.3. Población muestra muestreo.....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos .....	15
IV. RESULTADOS.....	17
4.1. Mejorar la capacidad de soporte de la fundación .....	17
4.2. Analizar la variación del CBR de la subrasante en función a la humedad ...	44
4.3. Optimizar el diseño del pavimento afirmado .....	49
4.4. Analizar el mecanismo de falla en el pavimento afirmado.....	51
V. DISCUSIÓN.....	54
VI. CONCLUSIONES .....	56
VII. RECOMENDACIONES .....	57
REFERENCIAS.....	58
ANEXOS .....	62

## Índice de Tablas

Tabla 2.1.	Clasificación de suelos según índice de plasticidad .....	9
Tabla 2.2.	Características de la muestra patrón (CBR) .....	10
Tabla 3.1.	Validez por juicio de expertos .....	15
Tabla 4.1	Ubicación de calicatas .....	18
Tabla 4.2	Resumen de ensayos realizados.....	21
Tabla 4.3	Resumen de Clasificación de suelos .....	22
Tabla 4.4	Relación humedad – Densidad proctor suelo natural .....	23
Tabla 4.5	Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de subrasante .....	25
Tabla 4.6	Límites de Consistencia suelo natural + 2% de Cal.....	27
Tabla 4.7	Límites de Consistencia suelo natural + 4% de Cal.....	28
Tabla 4.8	Límites de Consistencia suelo natural + 6% de Cal.....	28
Tabla 4.9	Límites de Consistencia suelo natural + 1% de Cal + 3% de NaCl .....	29
Tabla 4.10	Límites de Consistencia suelo natural + 3% de Cal + 5% de NaCl ....	29
Tabla 4.11	Límites de Consistencia suelo natural + 5% de Cal + 8% de NaCl ....	30
Tabla 4.12	Suelo natural + 2 % de Cal.....	31
Tabla 4.13	Suelo natural + 4% de Cal.....	32
Tabla 4.14	Suelo natural + 6% de Cal.....	33
Tabla 4.15	Suelo natural + 1% de Cal + 3% de NaCl .....	35
Tabla 4.16	Suelo natural + 3% de Cal + 5% de NaCl .....	35
Tabla 4.17	Suelo natural + 5% de Cal + 8% de NaCl .....	36
Tabla 4.18	Suelo natural + 2 % de Cal.....	38
Tabla 4.19	Suelo natural + 4% de Cal.....	39
Tabla 4.20	Suelo natural + 6% de Cal.....	40
Tabla 4.21	Suelo natural + 1% de Cal + 3% de NaCl .....	41
Tabla 4.22	Suelo natural + 3% de Cal + 5% de NaCl .....	42
Tabla 4.23	Suelo natural + 5% de Cal + 8% de NaCl .....	43
Tabla 4.24	Resumen de C.H. (%) VS CBR (%) .....	48
Tabla 4.25	Índice anual y clasificación vehicular.....	49
Tabla 4.26	Estudio de trafico.....	49
Tabla 4.27	Niveles de gravedad de ahuellamiento.....	52
Tabla 4.28	Niveles de gravedad de ahuellamiento.....	53

## Índice de Figuras

Figura 4.1.	Ubicación de la zona de estudio.....	17
Figura 4.1.	Excavación de calicatas .....	18
Figura 4.2.	Ubicación de calicata.....	19
Figura 4.3.	Granulometría cuarteo.....	20
Figura 4.4.	Granulometria.....	20
Figura 4.5.	Curva granulometrica .....	21
Figura 4.6.	Diagrama de fluidez limite liquido.....	21
Figura 4.7.	Peso muestra compactada + molde proctor modificado.....	22
Figura 4.8.	Relacion humedad – peso unitario .....	23
Figura 4.9.	Ensayo de CBR subrasante del suelo natural .....	24
Figura 4.10.	Curva de compactacion de subrasante .....	24
Figura 4.11.	Peso unitario seco v.s. CBR de subrasante .....	25
Figura 4.12.	Limite liquido .....	26
Figura 4.13.	limite plástico.....	26
Figura 4.14.	Diagrama de fluidez Limite Liquido 2% de Cal.....	27
Figura 4.15.	Diagrama de fluidez Limite Liquido 4% de Cal.....	27
Figura 4.16.	Diagrama de fluidez Limite Liquido 6% de Cal.....	28
Figura 4.17.	Diagrama de fluidez Limite Liquido 1% de Cal + 3% de NaCl .....	29
Figura 4.18.	Diagrama de fluidez Limite Liquido 3% de Cal + 5% de NaCl .....	29
Figura 4.19.	Diagrama de fluidez Limite Liquido 5% de Cal + 8% de NaCl .....	30
Figura 4.20.	Combinación homogénea incorporando porcentaje de cal .....	31
Figura 4.21.	Relación humedad – Peso unitario (2% de Cal).....	31
Figura 4.22.	Relación humedad – Peso unitario (4% de Cal).....	32
Figura 4.23.	Relación humedad – Peso unitario (6% de Cal).....	32
Figura 4.24.	Peso del Suelo natural más porcentaje de Cal .....	33
Figura 4.25.	Suelo natural más porcentaje de Cal más porcentaje NaCl.....	34
Figura 4.26.	Relación humedad – Peso unitario (1% de Cal + 3% de NaCl) .....	34
Figura 4.27.	Relación humedad – Peso unitario (3% de Cal + 5% de NaCl) .....	35
Figura 4.28.	Relación humedad – Peso unitario (5% de Cal + 8% de NaCl) .....	35
Figura 4.29.	Ensayo de CBR.....	36
Figura 4.30.	Curva de Compactación (2% de Cal).....	37
Figura 4.31.	Peso Unitario seco v.s. CBR (2% de Cal) .....	38

Figura 4.32.	Curva de Compactación (4% de Cal) .....	38
Figura 4.33.	Peso Unitario seco v.s. CBR (4% de Cal) .....	39
Figura 4.34.	Curva de Compactación (6% de Cal) .....	39
Figura 4.35.	Peso Unitario seco v.s. CBR (6% de Cal) .....	40
Figura 4.36.	Curva de Compactación (1% de Cal + 3% de NaCl).....	41
Figura 4.37.	Peso unitario seco v.s CBR.....	41
Figura 4.38.	Curva de Compactación (3% de Cal + 5% de NaCl).....	42
Figura 4.39.	Peso unitario seco v.s CBR.....	42
Figura 4.40.	Curva de Compactación (5% de Cal + 8% de NaCl).....	43
Figura 4.41.	Peso unitario seco v.s CBR.....	43
Figura 4.42.	Porcentaje de cal más porcentaje de NaCl .....	44
Figura 4.43.	Peso Unitario seco v.s. CBR (2% de Cal) .....	45
Figura 4.44.	Peso Unitario seco v.s. CBR (4% de Cal) .....	45
Figura 4.45.	Peso Unitario seco v.s. CBR (6% de Cal) .....	46
Figura 4.46.	Peso unitario seco v.s CBR (1% de Cal + 3% de NaCl) .....	46
Figura 4.47.	Peso unitario seco v.s CBR (3% de Cal + 5% de NaCl) .....	47
Figura 4.48.	Peso unitario seco v.s CBR (5% de Cal + 8% de NaCl) .....	47
Figura 4.49.	Variación del C.H. respecto al CBR .....	48
Figura 4.50.	Espesor de revestimiento del afirmado .....	51
Figura 4.51.	Tramo de estudio .....	52

## Resumen

El presente trabajo de investigación titulado “Estabilización de suelos arcillosos de subrasante incorporando cal y cloruro de sodio, carretera Titilaca- Santa Rosa, Puno 2021” tiene como objetivo analizar el mecanismo de falla en el pavimento afirmado de la carretera Titilaca-Santa Rosa y proponer soluciones técnicas de estabilización química para fines del diseño, como metodología se aplicó el método científico del tipo aplicado, del nivel explicativo y diseño cuasi experimental.

Los resultados obtenidos de evaluación de los mecanismos de falla causado por las cargas y deficiencia constructivas en la subrasante y la solución técnica más apropiada son mediante la estabilización de cal y cloruro de sodio 1% de Cal + 3% de NaCl, obteniendo un valor de CBR de 16%.

La investigación muestra como conclusión de acuerdo a los parámetros establecidos por el Manual de Carreteras (MTC), y a los ensayos realizados con la incorporación de cal y NaCl incrementando significativamente la capacidad de soporte de la subrasante.

Palabras clave: capacidad de soporte, estabilización, diseño, subrasante, afirmado.

## **Abstract**

The present research work entitled "Stabilization of subgrade clay soils incorporating lime and sodium chloride, Titilaca-Santa Rosa highway, Puno 2021" aims to analyze the failure mechanism in the affirmed pavement of the Titilaca-Santa Rosa highway and propose technical solutions of chemical stabilization for design purposes, as a methodology the scientific method of the applied type, of the explanatory level and quasi-experimental design was applied.

The results obtained from the evaluation of the failure mechanisms caused by the loads and constructive deficiencies in the subgrade and the most appropriate technical solution are through the stabilization of lime and sodium chloride 1% Cal + 3% NaCl, obtaining a value of 16% CBR

The investigation shows as a conclusion according to the parameters established by the Highway Manual (MTC), and the tests carried out with the incorporation of lime and NaCl, significantly increasing the bearing capacity of the subgrade.

Keywords: bearing capacity, stabilization, design, subgrade, affirmed.

## I. INTRODUCCIÓN

En el contexto internacional, se ha tenido la necesidad de estabilizar carreteras que presenta fallas en subrasante, la incorporación de Cal y Cloruro de sodio incrementa la capacidad de soporte CBR, como manifiesta García (2019) los caminos desde tiempos antiguos han servido para unir pueblos, con la finalidad de intercambiar mercaderías provenientes de la agricultura y la ganadería, por lo que fueron importantes para el desarrollo de sus sociedades.

En el ámbito nacional se tiene de gran importancia las vías de transporte para el progreso cultural, social y económico, las fallas estructurales se presentan en gran parte en vías con capa de rodadura de afirmado, este problema se debe a que dichas carreteras presentan baja capacidad de soporte CBR en la subrasante. Díaz (2018) manifiesta que el deterioro que se presenta en los diferentes tramos de la carretera provoca una reducción de servicio, lo cual debe ser mejorado con la estabilización de suelos.

En la actualidad las vías y carreteras son de gran alcance para la población ya que estos vienen a ser el eje principal para la conexión de los centros poblados por ello es primordial su método de construcción y mantenimiento.

La carretera Titilaca-Santa Rosa presentan fallas en los diferentes tramos de su longitud, motivo por el cual se tiene la necesidad de determinar las causas que originan estas fallas.

Actualmente la carretera Titilaca-Santa Rosa, Distrito de Platería, Provincia y Departamento de Puno, se encuentra en un estado de deterioro, la baja capacidad de soporte de la subrasante ha generado fallas en la capa de rodadura, a si también los problemas geodinámicas externos, las condiciones climatológicas como las precipitaciones pluviales, hacen que los suelos adquieran propiedades plásticas.

La investigación ha sido desarrollada con la finalidad de estabilizar el suelo incorporando cal y cloruro de sodio de la carretera Titilaca-Santa Rosa, lo cual obtendrá un beneficio importante para la población circundante a esta vía, el mejoramiento integral de la vía permitirá satisfacer necesidades básicas, con costos económicos, las vías que se encuentran en mal estado incrementan los costos en el transporte. La propuesta de estabilizar mejora las propiedades físicas y mecánicas para la subrasante de la carretera Titilaca-Santa Rosa, brindando a la población una infraestructura vial segura de óptimas condiciones para el desarrollo de la calidad de vida de sus habitantes.

Analizando la realidad problemática como problema general ¿Cuál es el mecanismo de falla que ocasiona deformaciones permanentes en la carretera Titilaca-Santa Rosa que se encuentra a nivel de afirmado?, Como problemas específicos la primera ¿De qué manera se puede mejorar la capacidad de soporte del tramo en estudio?, la segunda ¿Cómo se podría magnificar el efecto de la humedad de la subrasante para fines de estimar la capacidad de soporte? Y la tercera ¿Cómo se podría realizar un adecuado diseño de pavimento de afirmado considerando del CBR estabilizado?.

Justificación del problema, tiene una visión teórica como base al Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), artículos de investigación, libros y tesis. y a su vez se realizarán ensayos de suelos para luego obtener los informes y resultados requeridos.

La investigación conforme al objetivo general es analizar el mecanismo de falla en el pavimento afirmado de la carretera Titilaca-Santa Rosa y proponer soluciones técnicas de estabilización química para fines del diseño de pavimento, objetivos específicos; la primera mejorar la capacidad de soporte de la fundación de la carretera Titilaca-Santa Rosa, la segunda analizar la variación del CBR de la subrasante en función a la humedad de la estabilizada con Cal y Cloruro de Sodio

y la tercera optimizar el diseño del pavimento considerando el CBR del suelo estabilizado de la fundación.

Planteando los problemas y los objetivos se procede a formular las hipótesis, hipótesis general es posible a partir de un estudio de los componentes del sistema afirmado - subrasante inferir el mecanismo de falla que ocasiona las deformaciones en el pavimento afirmado de la carretera Titilaca-Santa Rosa, la primera una forma de mejorar la capacidad de soporte de los suelos de la carretera Titilaca-Santa Rosa sería considerando la estabilización química de la fundación empleando Cal y Cloruro de Sodio, la segunda mediante la comparación del CBR de la subrasante natural y el CBR de la subrasante estabilizado con Cal y Cloruro de sodio en relación al contenido de humedad mejorara la capacidad de soporte y la tercera a partir de la estabilización de suelo con Cal y Cloruro de sodio mejorara la capacidad de soporte incrementando el CBR y optimizando el diseño del pavimento.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes nacionales

Se tiene a, Quispe et al (2020) tesis titulado “Estudio geológico-geotécnico para la estabilización de la subrasante aplicando cloruro de sodio y cal” fijo como objetivo estabilizar el suelo adicionando porcentaje de cal y porcentaje de cloruro de sodio a nivel de subrasante aplicando una metodología de tipo aplicada, busca mejorar la situación actual del suelo, obteniendo los siguientes resultados con las siguientes proporciones de Cal 2%, 4%, 5%, 6% y 8%, con respecto al cloruro de sodio de 5% a 15%, para ser utilizado como capa subrasante al comparar suelo natural incorporando 8% de Cal aumenta el CBR de 4.1% a 19.6%, para el caso de suelo natural incorporando cloruro de sodio 5% incrementa su CBR de 4.1% a 9.1%.

López et al (2018) tesis titulado “Estabilización de suelos arcillosos con cal para tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la Ciudad de Abancay” fijo como objetivo estabilizar el suelo existente, integrando un porcentaje de cal para mejorar la resistencia de la subrasante, empleando una metodología de investigación aplicada de tipo cuasi experimental que busca mejorar la situación actual, mediante la extracción de muestras de las calicatas obtuvo los siguientes resultados al incorporar porcentajes de cal de 2%, 4%, 6% y 8%, al incorporar 2% de cal obtuvo CBR de 24.50%, al incorporar 8% de cal se tiene CBR de 69%, fija como conclusiones al comparar suelo natural incorporando porcentaje de Cal, se redujo su plasticidad aumentando su capacidad de soporte.

Luego se tiene a Quiroz (2020) tesis titulado “Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito, Lambayeque” fijo como objetivo la influencia de cloruro de sodio en la estabilización del suelo, aplicando una metodología de investigación cuasi experimental, mediante la manipulación de las variables, obtuvo los siguientes resultados ensayos

realizados suelo natural con adición de porcentaje de cloruro de sodio en 1%, 1.5% y 2% al incorporar 1% de NaCl obtuvo una humedad de 12.12% y un CBR de 8.36%, suelo natural + 1.5% de NaCl obtuvo un contenido de humedad 12% y CBR de 8.52% y al incorporar 2% de NaCl obtuvo una humedad de 11.76% y un CBR de 8.62%, como conclusiones la estabilización de las muestras se realizó en laboratorio.

A su vez Palli (2016) tesis titulado “Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román” fijo como objetivo determinar la influencia de la estabilización de suelos con cal, aplicando una metodología de investigación experimental, debido a que se manipula de forma intencional una acción para analizar sus posibles resultados obtuvo los siguientes resultados al incorporar porcentajes de Cal al suelo natural, suelo natural + 2% de Cal se tiene un CBR de 25%, al incorporando 4% de Cal obtuvo un CBR de 44% y con 6% de Cal obtuvo un CBR de 60% , al incorporar porcentajes de Cal al suelo natural al bajar su plasticidad aumenta su capacidad de soporte.

De acuerdo a Díaz et al (2018), en su tesis titulada “Diseño de pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal de la, Provincia de Moyobamba, Región San Martín” fijo como objetivo mejorar la accesibilidad y las comunicaciones terrestres e integrarse a la red vial regional, aplicando una metodología experimental ya que se manipula la variable para alcanzar su objetivo obtuvo los siguientes resultado CBR del terreno de fundación de 4.40% a 6% a un aporte estructural del afirmado existente con un espesor de 25.00 cm. Conclusiones mediante los ensayos realizados se determinó el espesor de la capa de rodadura con el CBR existente.

## 2.2. Antecedentes internacionales

Se tiene a Pico (2016) en su tesis titulado “Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante entre las comunidades de Teligote y Masabachos con Cal y Cloruro de sodio” fijo como objetivo diseñar la vía de las comunidades de Teligote y Masabachos estabilizados en la subrasante aplicando una metodología de investigación experimental debido a que se manipula de forma intencional obtuvo el siguiente resultado suelo natural con una humedad de 7% y un CBR de 11.3%, suelo natural más NaCl con una humedad de 13%, suelo natural más Cal con una humedad de 10.2% y un CBR de 27%, tiene como conclusión determinar el material más apropiado para su estabilización es incorporando Cal la cual aumenta su capacidad de soporte.

Seguidamente se tiene a Larrea (2019) en su tesis titulado “Estabilización de suelos arcillosos con cloruro de sodio y cloruro de calcio” fijo como objetivos estabilizar suelos arcillosos para uso en vías, aplicando una metodología de investigación de tipo experimental la aplicación de estos agentes estabilizadores se trata de buscar la dosificación óptima para evaluar su desempeño, obtuvo los siguientes resultados suelo patrón más 15% de Cloruro de Sodio obtuvo una humedad de 11.1% y un CBR de 24.2% al incorporar 20% de Cloruro de Sodio obtuvo una humedad de 14.1% y un CBR de 5.58%, conclusiones la combinación del cloruro de sodio con el suelo patrón mejora el comportamiento plástico, pero no aporta en la capacidad de soporte.

Luego se tiene a Altamirano et al (2015) en su tesis titulado “Estabilización de suelos cohesivos por medio de la Cal en vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí-Rivas” fijo como objetivo Estabilizar los suelos cohesivos de las vías en la comunidad de San Isidro, con una mezcla de cal, aplicando una metodología la investigación es de tipo experimental, en esta se realizó el muestreo de los suelos mediante calicatas, las muestras se sometieron a un análisis, obtuvo el siguiente Resultado ensayo de CBR suelo natural + 3% Cal CBR de 30.31%, suelo natural + 6% Cal CBR de 54.35%, suelo

natural + 9% Cal CBR de 57.2%, suelo natural + 12% Cal CBR de 29.48%, tuvo como conclusión la Cal mejora las propiedades de los suelos cohesivos en gran medida.

## **2.3. Teorías relacionadas al tema**

### **2.3.1 Afirmado**

Según el Manual de Carreteras o Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) (2013), consiste en una capa compactada de material granular, lo cual soporta cargas y esfuerzos de tránsito, funciona como superficie de rodadura (p. 29).

### **2.3.2 Subrasante**

De acuerdo Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo volumen de Transito del (MTC) (2013), es la capa superior del terraplén, se debe tener las siguientes consideraciones como materiales aptos para subrasante son materiales que deben tener  $CBR \geq 6\%$  (p. 24), como también Méndez et al (2013), define que la subrasante es la capa terminada a la altura de la subrasante (p.4).

### **2.3.3 Estabilización de suelos**

De acuerdo el Manual de Carreteras Suelo y Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC) (2014) la estabilización es el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo mediante procesos mecánicos, en este caso son conocidos como estabilización de suelos (p. 89).

Como también Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito (MTC) (2008), en el caso de no haber disponibilidades de gravas de fácil uso a distancias económicamente razonables, se podrá recurrir a procedimientos de estabilización con cal, sal (P. 139).

**Suelos estabilizados con cal.** Según el MTC (2008) el suelo cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua, como la mayoría de los suelos contienen sílice y aluminio silicatos, la incorporación de cal y agua en cantidad apropiada se puede obtener la composición deseada al mezclar el suelo cal, se produce una reacción rápida e intercambio iónico, de las partículas del suelo en presencia de agua (p. 158) . Como también Braja (2013) se utiliza aditivos para estabilizar los suelos en campo, particularmente los suelos finos los aditivos más comunes son cal y cemento, los principales efectos de la estabilización son, modificar el suelo, mejorar la fuerza y durabilidad del suelo (p. 267).

**Suelos estabilizados con cloruro de sodio** como Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC), Sección Suelos y Pavimentos, (2014) el Cloruro de sodio (NaCl) es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de (NaCl) y un 2% de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental, es absorber la humedad del aire y de los materiales que lo rodean (p. 126).

#### **2.3.4 Límites de atterberg**

De acuerdo al ASTM D 4318 – 05 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils (2005), en el uso actual de ingeniería, el término usualmente se refiere solo al límite líquido, límite plástico (p. 3).

**Límite líquido** De acuerdo al ASTM D 4318 – 05 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, (2005) el contenido de agua en porcentaje de un suelo entre los estados semilíquido y plástico (p. 3), como también Shuan (2006), es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso (p. 4).

**Limite plástico** De acuerdo al ASTM D 4318 – 05, (2005), el contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite entre los estados plástico y semisólido (p. 3).

### 2.3.5 Granulometría

De acuerdo Norma Técnica Peruana (NTP) 339.128 (2014), establece el método para el análisis granulométrico por decantación y tamizado de los suelos, pudiendo efectuarse en forma combinada (P.01). Juárez et al (2005), menciona que la granulometría es la distribución del tamaño de materiales que determina sus propiedades físicas, los materiales que mejor comportamiento tienen son los de material grueso (p.97).

**Clasificación de suelo.** Según el (MTC) (2013) nos indica que se deben conocer las características de los suelos como son granulometría, plasticidad, índice de grupo. La clasificación de suelos nos permite predecir el aproximado comportamiento de los suelos.

**Tabla 2.1.** Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Clasificación de Suelos AASHTO M - 145	Clasificación de Suelos SUCS D - 2487
A - 1 .a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A - 1 .b	GM, GP, SM, SC
A - 2	GM, GC, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras (MTC) (2013)

### 2.3.6 California Bearing Ratio (CBR)

Como también Bowels (2006), describe el ensayo para determinar la resistencia de los suelos de la relación de (CBR), el ensayo se realiza con muestras preparadas en laboratorio en condiciones de humedad y densidad, para obtener

la capacidad de soporte de los suelos, subrasante, sub-base o base y de afirmados (p. 1).

**Tabla 2.2.** Características de la muestra patrón (CBR)

Penetración		Presión		
Mm	plg	MN/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
2.54	0.1	6.90	70.31	1.000
5.08	0.2	10.35	105.46	1.500

*Fuente:* Manual de ensayo de materiales (MTC) (2016)

### 2.3.7 Proctor modificado

Como refiere Bowels (2006), es el ensayo de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua de los suelos compactados en un molde de 6 ó 4 pulgadas de diámetro con un pisón de 10 lbf que cae de una altura de 18 pulgadas, produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie<sup>3</sup> (p. 2).

Como indica Manual de Ensayo de Materiales (MTC) (2016), esta prueba cubre los procedimientos de presión usados en un laboratorio para determinar la relación entre el contenido de agua y la unidad de masa seca del suelo.

**Mecanismos de falla:** Rodríguez (2009) determinó mediante la evaluación de las deformaciones permanentes en el pavimento de afirmado como el ahuellamiento, los mecanismos de falla para el cual se clasifican severidad baja (6mm – 13mm), severidad media (13mm – 25mm), severidad alta (mayor a 25mm) donde obtuvo el nivel de gravedad de la deformación.

### III.METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de la investigación

##### 3.1.1. Método científico

Según Huapaya et al (2018) considera que el método científico puede concebirse a los procedimientos que tenemos que realizar, para descubrir nuevos conocimientos que se emplean en las investigaciones con el propósito de hallar sus relaciones (p. 41).

La investigación seguirá un orden de acuerdo a los objetivos, se iniciará con la observación directa de las fallas superficiales del afirmado de la carretera Titilaca – Santa Rosa.

En esta investigación se aplicará el método **científico**.

##### 3.1.2. Tipo: aplicada

Según Graciela et al (2018) a diferencia de la investigación básica los conocimientos son Resultados de búsqueda dirigidos, gracias a sus resultados pueden solucionar problemas que les afectan de forma directa e inmediata (p. 16).

En la presente investigación se aplicará teorías definidas respecto a la estabilización de suelos adicionando cal y cloruro de sodio con la finalidad de mejorar la calidad de subrasante de la carretera en estudio.

Conforme a la teoría revisada, esta investigación se clasifica del tipo **aplicada**.

##### 3.1.3. Nivel: explicativo

Según Hernández et al (2014), el orden de la presente investigación incluye las teorías que dan lugar a leyes, y los métodos universales presentan procedimientos únicos que ayudan a predecir los mecanismos (p. 96).

El trabajo de investigación fue del nivel explicativo debido a que busca las causas de las fallas presentes en la subrasante de la carretera Titilaca – Santa Rosa.

Según las consideraciones, es de nivel **explicativo**.

#### **3.1.4. Diseño: cuasi experimental**

Según Cruz et al (2014), considera que los diseños cuasi experimentales consisten en el grupo de ensayos de no asignar al azar formado antes del análisis (p. 140).

Esta investigación es cuasi experimental porque se realizaron pruebas de campo y laboratorio determinados resultados que se interpretarán con trabajos de gabinete.

Según estas consideraciones, la presente investigación será de diseño **cuasi experimental**.

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **3.2.1. V.D. Deformación permanente**

- a. Definición conceptual, como manifiesta Rondon (2012), deformación permanente comúnmente denominado ahuellamiento, es la tensión longitudinal residual que se acumula debido al paso de vehículos, lo que puede crear grietas en la estructura (p. 141).
- b. Definición operacional, Esta variable se operacionaliza mediante su dimensión la rotura es un defecto evidente causado por las frecuentes cargas de tráfico. Consiste en la acumulación de deformaciones longitudinales permanentes.

#### **3.2.2. V.I. 1 Capacidad de soporte de subrasante**

- a. Definición conceptual, define Shuan (2006) menciona que este ensayo es utilizado para determinar la resistencia del suelo que conforma la subrasante y se determina a un óptimo contenido de humedad, se calcula en función a valores de una muestra patrón (p. 5).

b. Definición operacional

Esta variable se operacionaliza mediante su dimensión relación de soporte de california de acuerdo a los resultados se puede establecer que los suelos de subrasante se ubicó un suelo arcilloso que representa a los suelos más desfavorables y con baja capacidad de soporte.

**3.2.3. V.I. 2 Optimo contenido de humedad**

a. Definición conceptual, como es mencionado en ASTM D 2216 - 19 (2019) Se refiere a la cantidad de agua necesaria con la cual se compacta el suelo hasta un peso unitario seco máximo. Esta se aprecia en la curva de la máxima densidad seca (P.2).

b. Definición operacional, esta variable se operacionalizará mediante sus dimensiones: proctor modificado, en la cual se determina el contenido de humedad óptimo.

**3.2.4. V.I. 3 Estabilización**

a. Definición conceptual, En casos en las cuales no cumplan los requisitos mínimos de CBR en subrasante, se deben utilizar métodos químicos para mejorar la capacidad resistente de la estructura que será parte de una vía (p. 8).

b. Definición operacional

Esta variable se operacionalizará mediante sus dimensiones: máxima densidad seca.

### **3.3. Población muestra muestreo**

#### **3.3.1. Población**

Según Méndez et al (1996), posee una colección de características comunes al conjunto de componentes elementos o sujetos que se pueden identificar en un área para ser origen de estudio (p. 34).

En la presente investigación la población estará conformada por la carretera Titilaca-Santa Rosa en su extensión de 5.00 km.

#### **3.3.2. Muestra**

Según Niño (2011) consiste en un orden reducido de datos de dicha muestra el cual debe ser representativa cuyas características deben ser objetivas (p. 55)

En la investigación la muestra estará conformada por el tramo km. 0+000 al km. 2+000 de la carretera Titilaca-Santa Rosa.

#### **3.3.3. Muestreo**

Según Suca (2014) selecciona muestra a través de razonamientos que permiten que cada opcional muestra tenga una circunstancia igual de ser incluido en la muestra (p. 375).

En el trabajo de investigación se empleará el muestreo no probabilístico.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnica: observación directa**

Según Sánchez et al (2018) para los proyectos de exploración en ingeniería todos los factores como la recopilación de información que se proporciona de acuerdo con el tipo de datos solicitada. (p. 33).

En la presente investigación se aplicará la técnica de observación directa para la recopilación de la información.

### 3.4.2. Instrumentos: ficha de recopilación de información

Según Baena (2017) fuente que hace referencia a instrumento a las herramientas que permiten la recolección de datos (p. 87).

En la presente investigación se aplicará como instrumento, laboratorio de mecánica de suelos.

### 3.4.3. Validez:

Los instrumentos son corroborados a través del juicio de expertos como lo refiere Ander (2011) la eficiencia de la validez es la recolección de datos que corresponde al instrumento o técnica de medición (p. 148).

Tabla 3.1. Validez por juicio de expertos

N°	Grado Académico	Nombres y Apellidos	CIP	Calificación
1	Ing. Civil	Ely M. Canchaco Ordoño	266976	Aplicable
2	Ing. Civil	Jhan C. Flores Mamani	266138	Aplicable
3	Ing. Civil	Ruth R. Huaccoto Mayta	266113	Aplicable

*Fuente:* Elaboración propia

La calificación de la validez es aplicable según la tabla 3.1

### 3.4.4. Confiabilidad

Se define con el alfa de Cronbach como Rojas (2002) refiere para que un instrumento sea de carácter en su utilización, confiable debe ser aplicado repetidas sucesiones al mismo objetivo o sujeto en estudio generado resultados y muy similares (p. 27).

### 3.5. Procedimientos

Se aplicará la experimentación con muestras que fueron recolectados en sitio de estudio los instrumentos se aplicaran en forma anónima, supervisado por el investigador, recolectándose los datos en formularios.

### **3.5.1. Estudios Previos**

Descripción de la carretera Titilaca – Santa Rosa: La carretera se ubica en el Distrito de Platería, Provincia y Región de Puno, Altitud: 3857 m.s.n.m, Latitud: 15°50'31.80" S, Longitud: 70°01'38.80", el cual cuenta un tramo de 0+000 a 5+000 ml, el cual está construido a nivel de afirmado.

#### **Estudios de campo**

- ✓ Evaluación de los mecanismos de falla American Society for Testing and materials (ASTM D-6433-03) (2003).
- ✓ Granulometría Norma Técnica Peruana (NTP) 339.128 (2014).
- ✓ Clasificación de suelos según el Manual de carreteras (MTC) sección, suelos geotecnia y pavimentos (MTC) (2013).
- ✓ Límites de consistencia ASTM D 4318 – 05 , (2005).
- ✓ Proctor modificado Como indica Manual de Ensayo de Materiales (MTC) (2016).
- ✓ California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1557-12.
- ✓ Diseño del pavimento de afirmado.

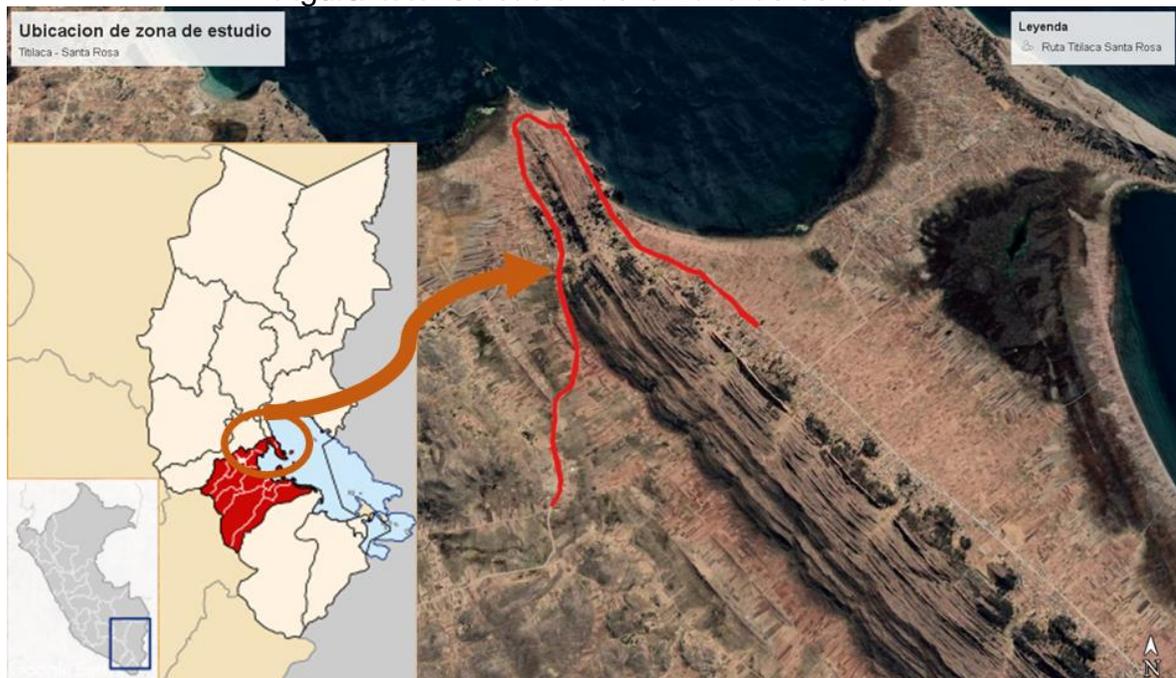
## IV. RESULTADOS

### 4.1. Mejorar la capacidad de soporte de la fundación de la carretera Titilaca-Santa Rosa

#### Ubicación de la zona de estudio

El área de estudio se sitúa en la región de Puno, en el distrito de Platería, puntualmente en el centro poblado de Titilaca carretera Titilaca – Santa Rosa a una altitud de 3858 msnm. Latitud 15°55'14.04" Longitud 69°42'52.34".

Figura 4.1. *Ubicación de la zona de estudio*



Fuente: Elaboración propia

La recolección de muestras de suelos de fundación, se realizó en el tramo de estudio en el km 0+000 al km 2+000 de la carretera Titilaca – Santa Rosa, donde se realizó la excavación de cuatro calicatas, las muestras recolectadas que se llevaron al laboratorio.

- Calicata cada 500 m
- Las calicatas se desarrollan en torno al ahuellamiento de los vehículos de manera alternada de derecha a izquierda

- El muestreo fue debidamente identificado con las progresivas

**Tabla 4.1 Ubicación de calicatas**

Progresiva	Calicata
0 + 500	C - 1
1 + 000	C - 2
1 + 500	C - 3
2 + 000	C - 4

*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 4.1. Excavación de calicatas**



*Fuente:* Elaboración propia

Figura 4.2. *Ubicación de calicata*



*Fuente:* Elaboración propia

### **Resumen de los ensayos realizados**

Se describe en el cuadro de resumen de las pruebas realizadas del material extraído de la subrasante que se obtuvieron de las muestras realizadas a cada 500 m. la misma que fueron agrupados en 2 km siendo sometidos a los siguientes ensayos.

- Análisis granulométrico
- Límites de consistencia
- Proctor modificado
- CBR

Ensayo de análisis de tamaño de partículas realizado por tamiz de la subrasante, las calicatas se ubicaron de acuerdo a las progresivas mencionadas anteriormente y se realizó la excavación a una profundidad de 1.50 m. una vez obtenido la muestra se llevó al laboratorio para su análisis granulométrico.

Figura 4.3. Granulometría cuarteo



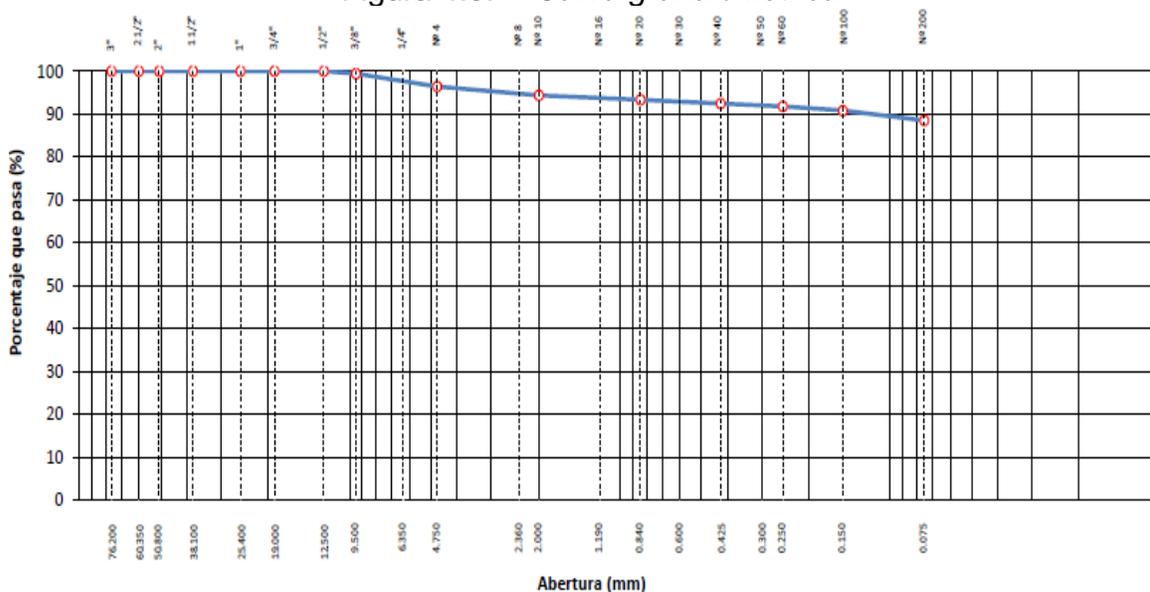
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4. Granulometría



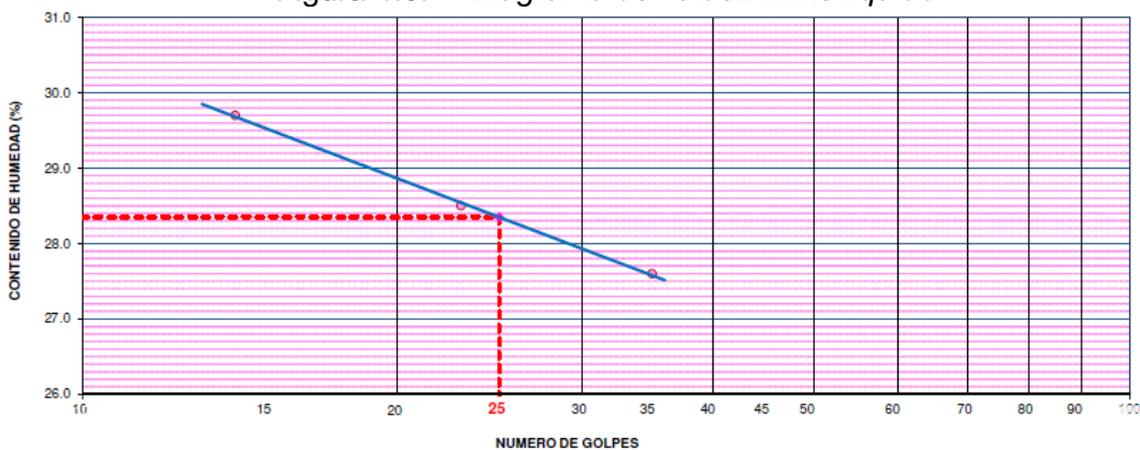
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5. Curva granulometrica



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6. Diagrama de fluidez limite liquido



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2 Resumen de ensayos realizados

	Clasificación de suelo	Limites			CH %		
		SUCS	AASHTO	L.L		L.P	I.P
C - 1	0 + 500	CL	A-4 (9)	28.00	21.00	7.00	9.7
C - 2	1 + 000	CL	A-4 (9)	32.00	22.00	10.00	9.7
C - 3	1 + 500	CL	A-4 (9)	30.00	21.00	9.00	18.3
C - 4	2 + 000	CL	A-6 (11)	40.00	21.00	19.00	8.3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.3 Resumen de Clasificación de suelos**

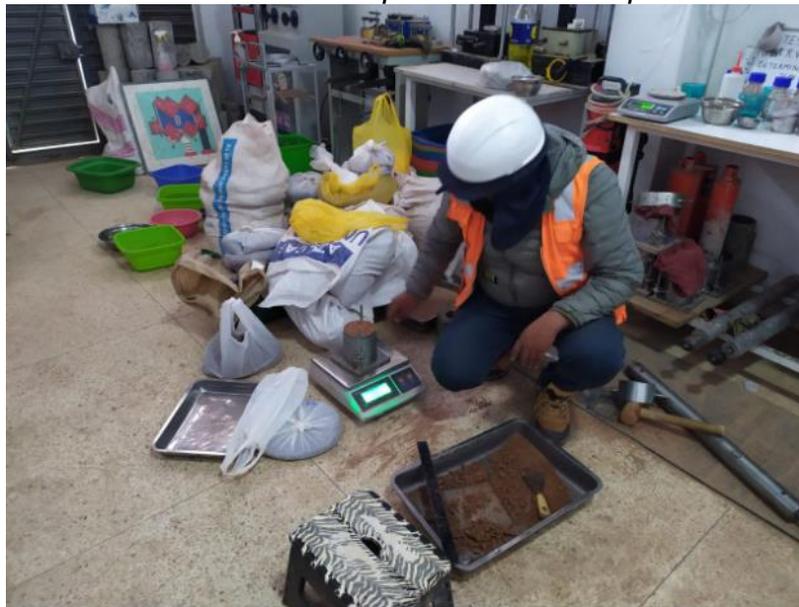
		SUCS		AASHTO	
C - 1	0 + 500	CL	arcilla de baja plasticidad	A-4 (9)	Reg - Malo
C - 2	1 + 000	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena	A-4 (9)	Reg - Malo
C - 3	1 + 500	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena	A-4 (9)	Reg - Malo
C - 4	2 + 000	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena	A-6 (11)	Malo

*Fuente:* Elaboración propia

### **Proctor modificado**

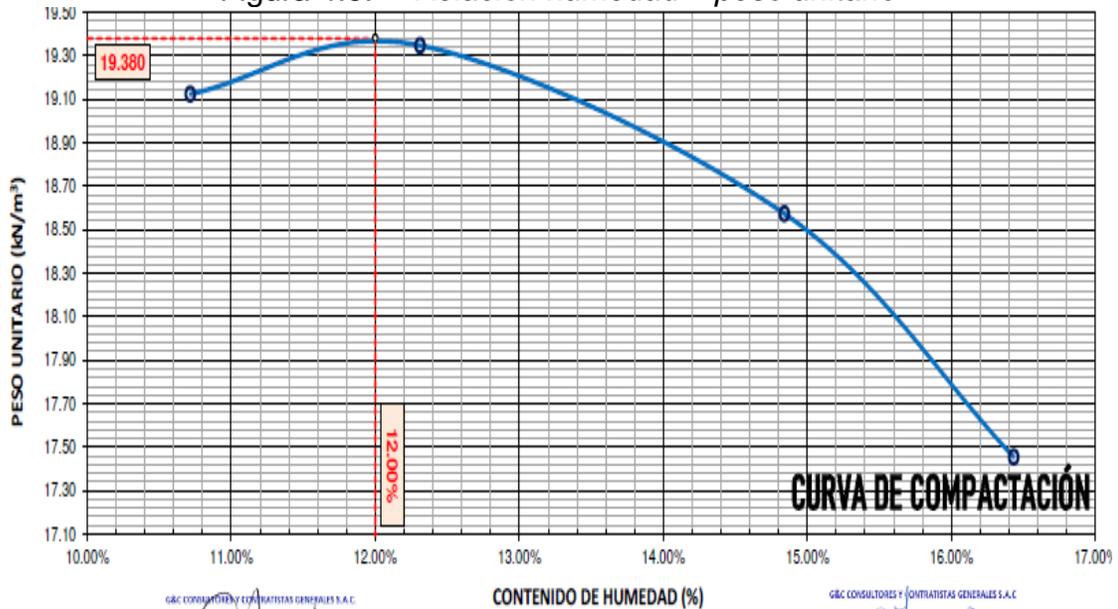
Relación humedad – densidad proctor esta prueba incluye procedimientos de presión para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco comprimida en un molde de 4 pulgadas, La muestra representativa según la clasificación de suelo es la calicata (C – 4), se consideró como muestra representativa con la denominación de (M – 1).

*Figura 4.7. Peso muestra compactada + molde proctor modificado*



*Fuente:* Elaboración propia

Figura 4.8. Relación humedad – peso unitario



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.4 Relación humedad – Densidad proctor suelo natural**

Muestra representativa	Proctor modificado Peso unitario seco	Contenido de humedad
M - 1	1.97 gr/cm <sup>3</sup>	12.00%

Fuente: Elaboración propia

### California Bearing Ratio (CBR)

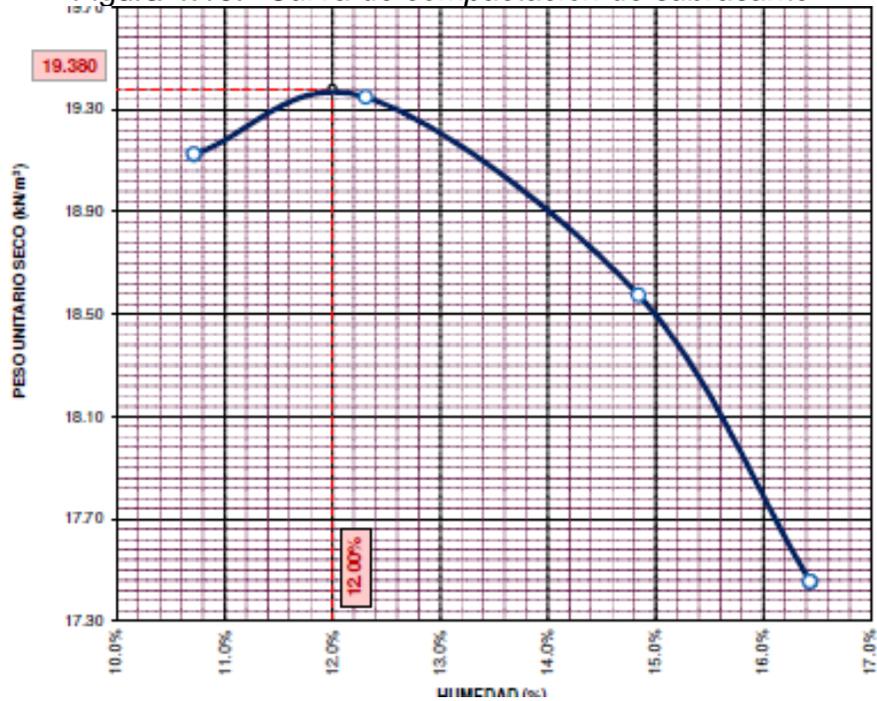
El ensayo utilizado para determinar la resistencia del suelo que conforma la subrasante, y se determina a un CHO, el CBR se calcula en función a valores de una muestra representativa (C – 4) como M – 1 que tiene las siguientes características.

Figura 4.9. Ensayo de CBR subrasante del suelo natural



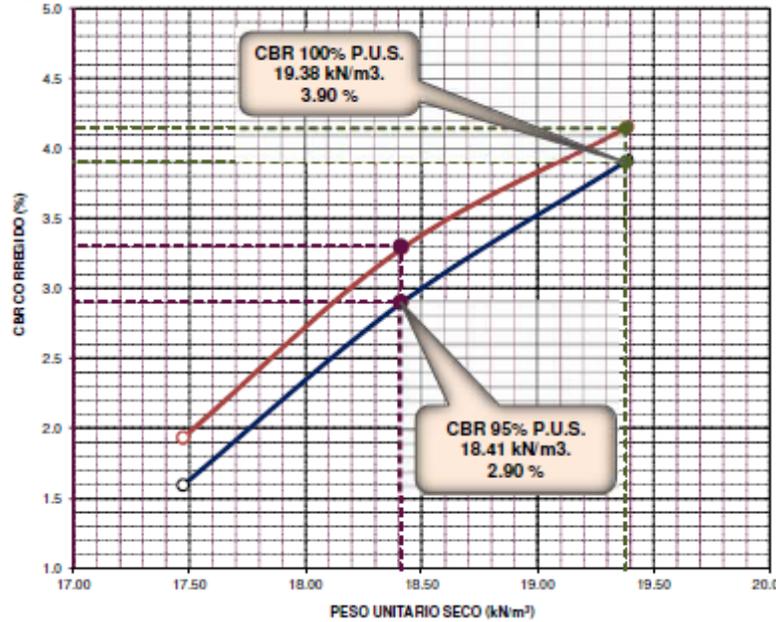
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10. Curva de compactacion de subrasante



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11. *Peso unitario seco v.s. CBR de subrasante*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5 Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de subrasante

Muestra representativa	California Bearing Ratio (CBR)	
	95%	100%
M - 1	2.90%	3.90%

Fuente: Elaboración propia

Conclusión de la subrasante natural, como indica el (MTC) (2014), Se considera como material apto para la sub rasante, suelos con  $CBR \geq 6\%$ . En caso de ser menor, se procederá a la estabilización del suelo.

La muestra representativa como (M – 1), de la carretera Titilaca-Santa Rosa, no cumplen con las características exigidas por el MTC, el CBR de (M – 1) tiene un  $CBR 100\% = 3.90\%$  Y  $CBR 95\% = 2.90\%$ , por lo que el material es inadecuado para la subrasante, razón por la cual se procederá a su estabilización.

## Límites de consistencia

Figura 4.12. *Limite liquido*



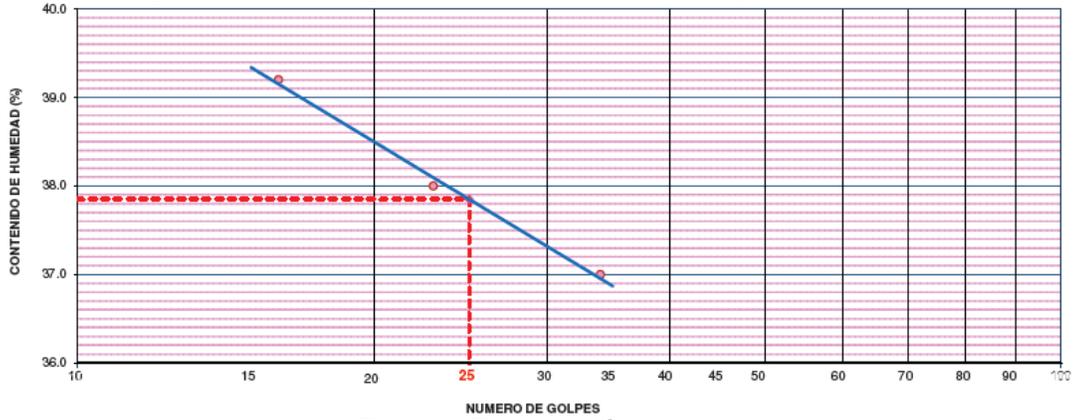
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13. *limite plástico*



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14. Diagrama de fluidez Limite Liquido 2% de Cal



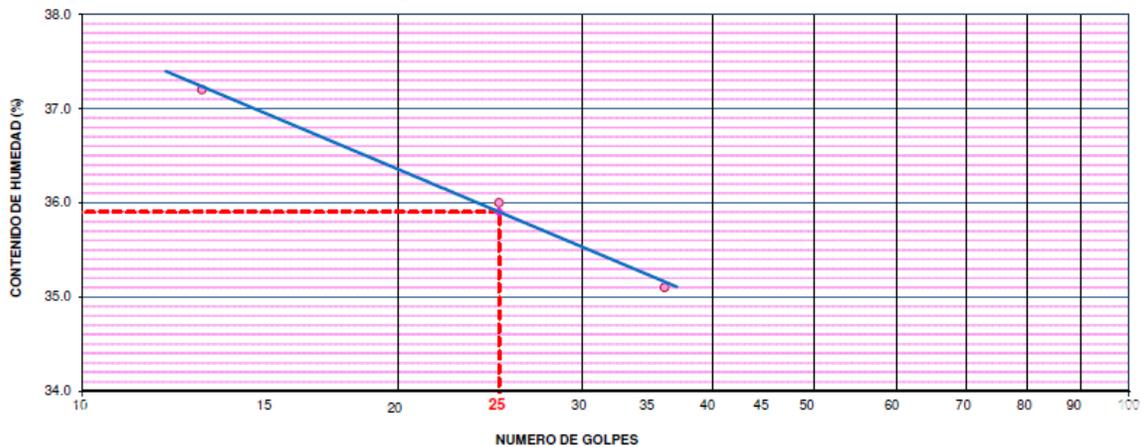
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.6 Límites de Consistencia suelo natural + 2% de Cal

Constantes físicas de la muestra	
Limite Liquido	38
Limite Plastico	24
Indice de Plasticidad	14

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15. Diagrama de fluidez Limite Liquido 4% de Cal



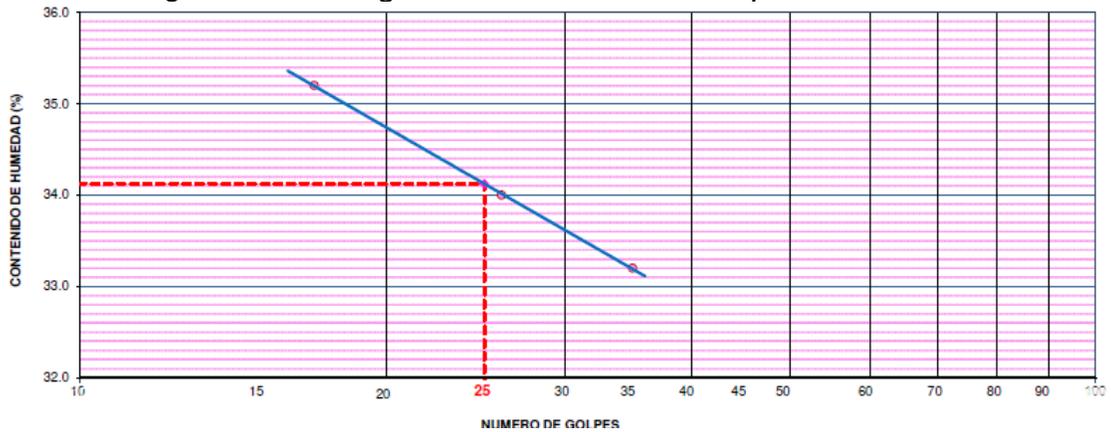
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.7 Límites de Consistencia suelo natural + 4% de Cal**

Características de la muestra	
L.L.	34
L.P.	24
I.P.	12

Fuente: Propia

Figura 4.16. Diagrama de fluidez Limite Liquido 6% de Cal



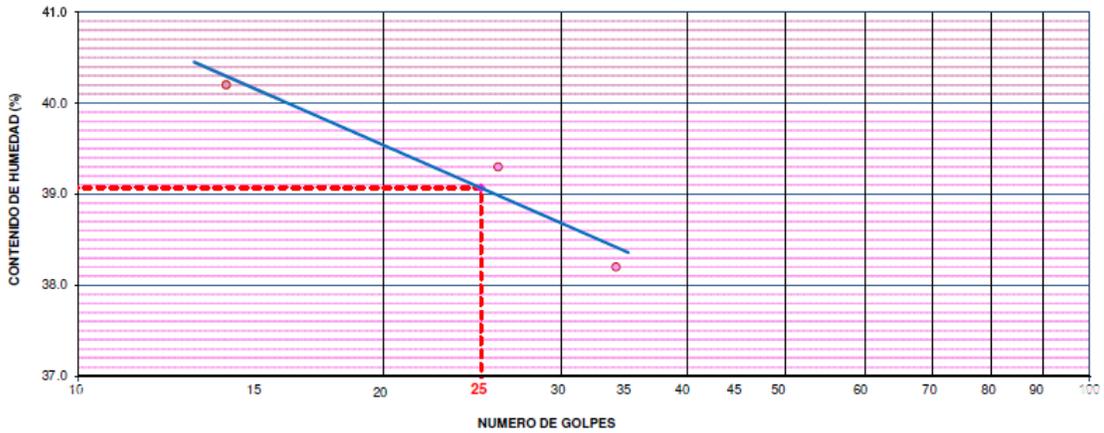
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.8 Límites de Consistencia suelo natural + 6% de Cal**

Características de la muestra	
L.L.	34
L.P.	24
I.P.	10

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17. Diagrama de fluidez Limite Liquido 1% de Cal + 3% de NaCl



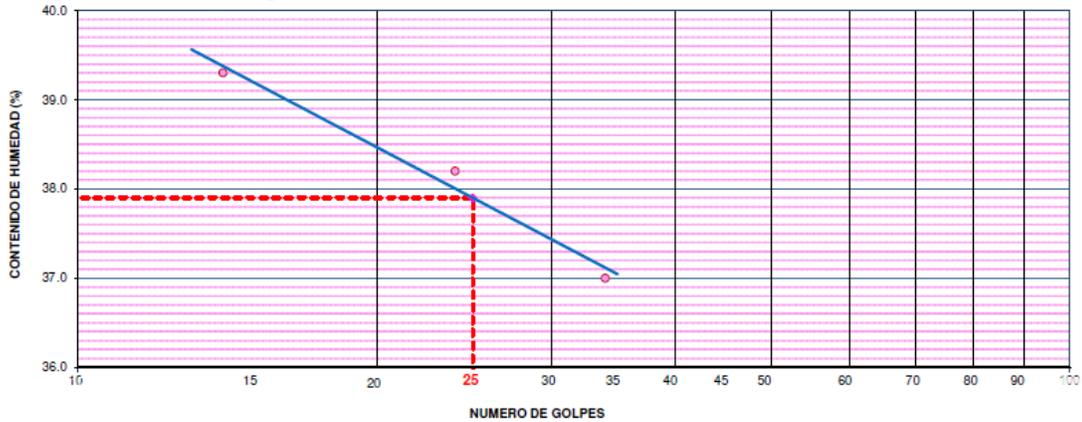
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.9 Límites de Consistencia suelo natural + 1% de Cal + 3% de NaCl

Características de la muestra	
L.L.	39
L.P.	26
I.P.	13

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18. Diagrama de fluidez Limite Liquido 3% de Cal + 5% de NaCl



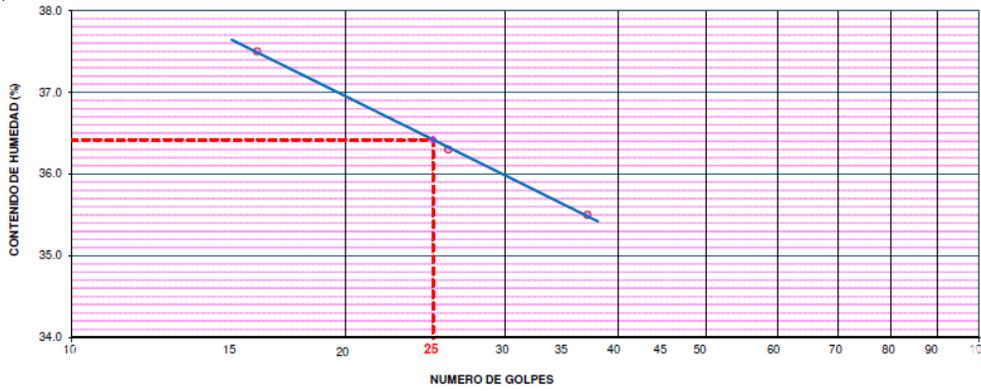
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.10 Límites de Consistencia suelo natural + 3% de Cal + 5% de NaCl

Características de la muestra	
L.L.	38
L.P.	28
I.P.	10

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19. Diagrama de fluidez Limite Liquido 5% de Cal + 8% de NaCl



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.11 Límites de Consistencia suelo natural + 5% de Cal + 8% de NaCl

Características de la muestra	
L.L.	36
L.P.	28
I.P.	8

Fuente: Elaboración propia

### Proctor modificado

Relación humedad – densidad proctor esta prueba incluye procedimientos de presión para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco compactados.

### Suelo natural más porcentaje de Cal

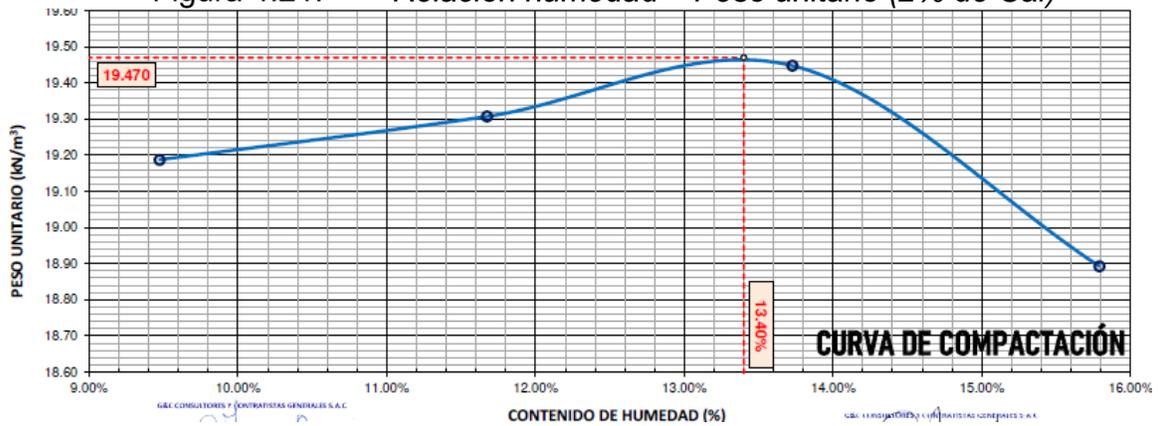
Se trabajó con una muestra representativa de la calicata (C – 4), como (M – 1) con un peso 2500 gr de suelo natural + (2% de cal, 4% de cal y 6% de cal) realizando una combinación homogénea.

Figura 4.20. *Combinación homogénea incorporando porcentaje de cal*



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21. *Relación humedad – Peso unitario (2% de Cal)*



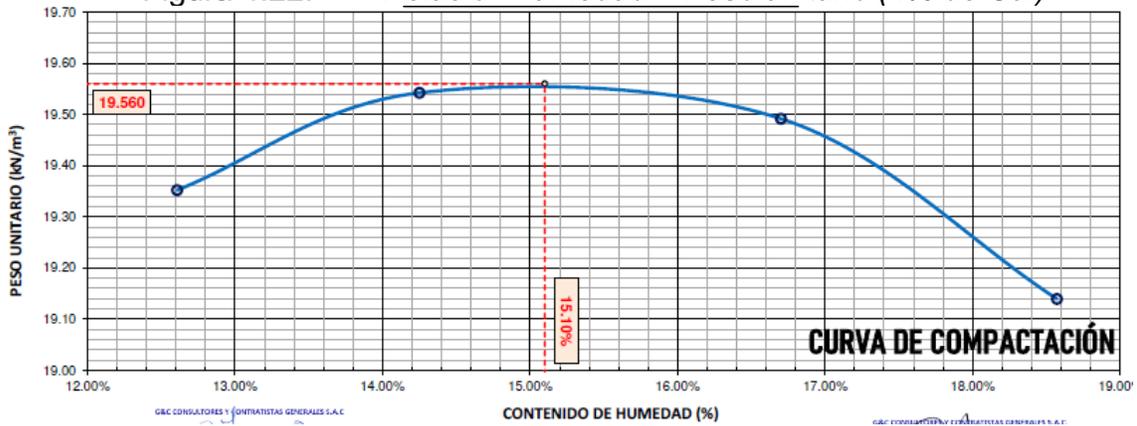
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.12 Suelo natural + 2 % de Cal**

Muestra	Proctor modificado	
representativa	Peso unitario seco	Contenido de humedad
M - 1	1.98	13.40%

Fuente: Propia

Figura 4.22. *Relación humedad – Peso unitario (4% de Cal)*



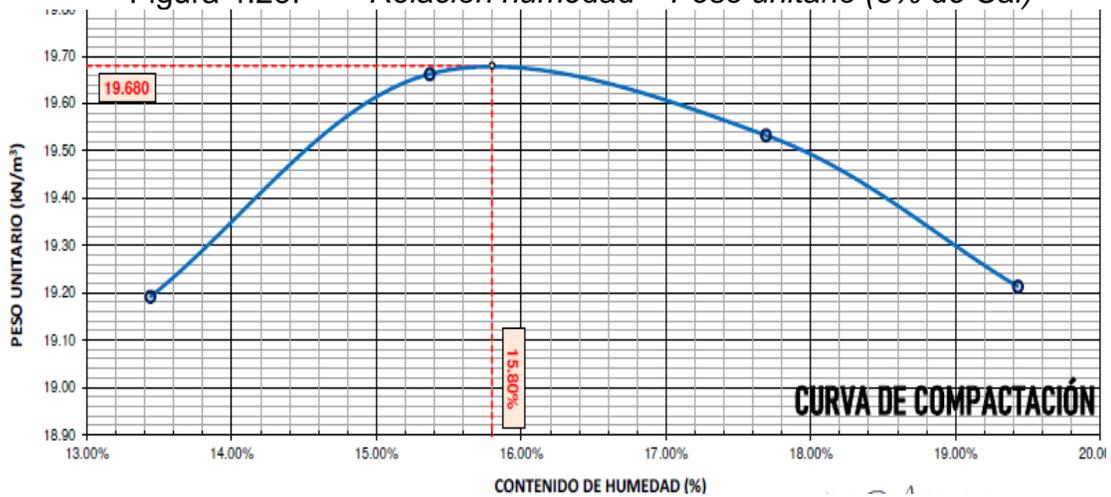
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.13 Suelo natural + 4% de Cal**

Muestra representativa	Peso unitario seco	Proctor modificado Contenido de humedad
M - 1	1.99	15.10%

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23. *Relación humedad – Peso unitario (6% de Cal)*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.14 Suelo natural + 6% de Cal**

Muestra representativa	Proctor modificado	
	Peso unitario seco	Contenido de humedad
M - 1	2	15.80%

*Fuente.* Elaboración propia

### **Proctor modificado incorporando porcentaje de Cal más porcentaje de Cloruro de Sodio**

Ensayo en laboratorio de proctor modificado según la norma ASTM D 1557-12, la calicata 4 (C – 4) el cual se obtuvo una calificación según AASHTO A-6 (11) Malo el cual se ha considerado como muestra representativa con la denominación de M – 1, para determinar sus propiedades.

Figura 4.24. *Peso del Suelo natural más porcentaje de Cal*



*Fuente:* Elaboración propia

Figura 4.25. Suelo natural más porcentaje de Cal más porcentaje NaCl

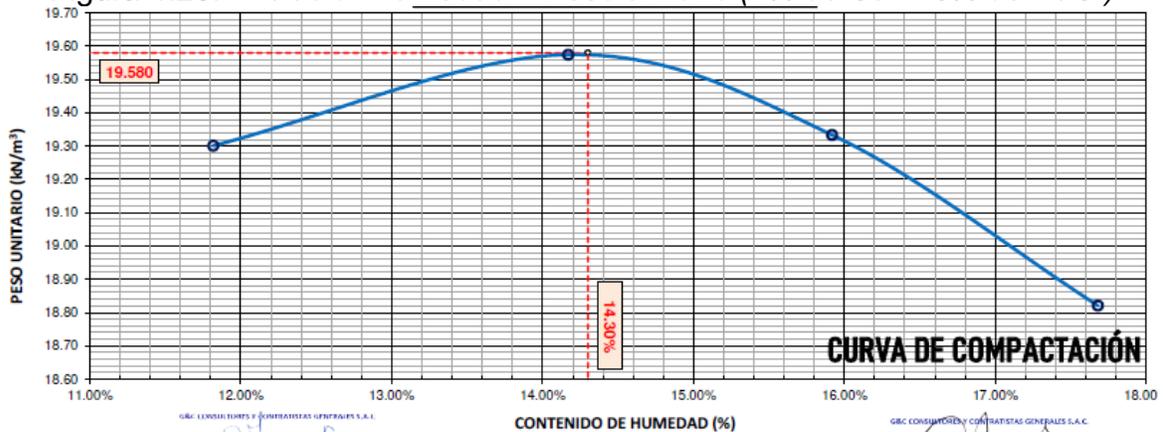


Fuente: Elaboración propia

**Suelo natural más porcentaje de Cal más porcentaje de Cloruro de sodio (NaCl)**

Se trabajó con una muestra representativa de la calicata (C – 4), como (M – 1) con un peso 2500 gr de suelo natural + (1% de cal + 3% de NaCl, 3% de cal + 5% de NaCl y 5% de cal + 8% de NaCl) obteniendo una combinación homogénea de suelo natural + % de cal.+ % cloruro de sodio.

Figura 4.26. Relación humedad – Peso unitario (1% de Cal + 3% de NaCl)



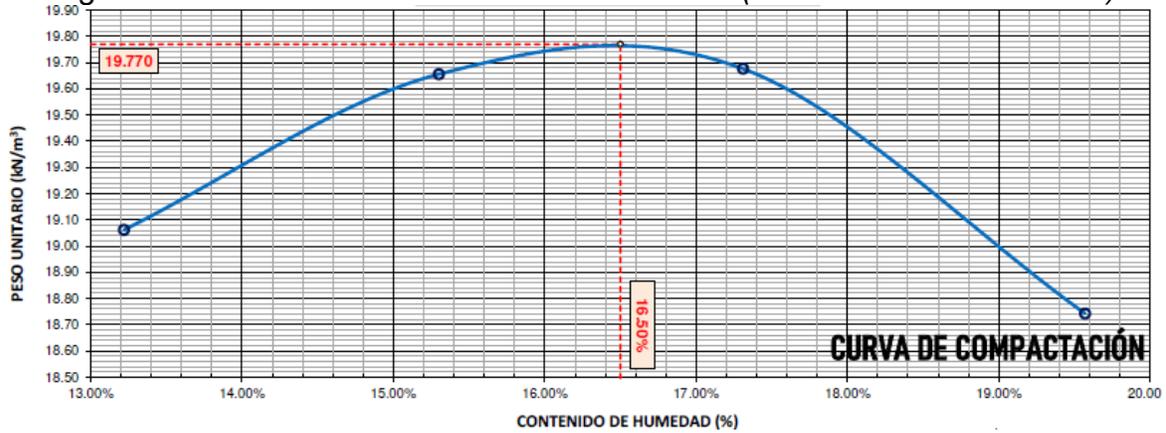
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.15 Suelo natural + 1% de Cal + 3% de NaCl**

Muestra representativa	Peso unitario seco	Proctor modificado Contenido de humedad
M - 1	1.99	14.30%

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27. Relación humedad – Peso unitario (3% de Cal + 5% de NaCl)



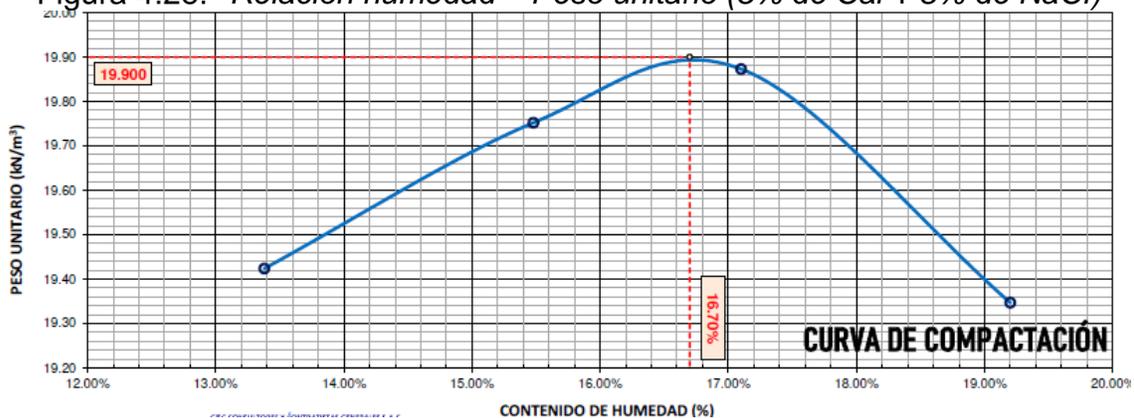
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.16 Suelo natural + 3% de Cal + 5% de NaCl**

Muestra representativa	P.U. seco	Proctor modificado CHO
M - 1	2.01	16.50%

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.28. Relación humedad – Peso unitario (5% de Cal + 8% de NaCl)



Fuente: Elaboración propia

<b>Tabla 4.17 Suelo natural + 5% de Cal + 8% de NaCl</b>		
Muestra representativa	Proctor modificado	
	P.U. seco	CHO
M – 1	2.03	16.70%

*Fuente:* Elaboración propia

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

California Bearing Ratio (CBR), menciona que el ensayo es utilizado para determinar la resistencia del suelo que conforma la subrasante, y se determina un CHO, el CBR se calcula en función a valores de una muestra representativa (C – 4) como (M – 1) que tiene las siguientes características.

Figura 4.29. *Ensayo de CBR*

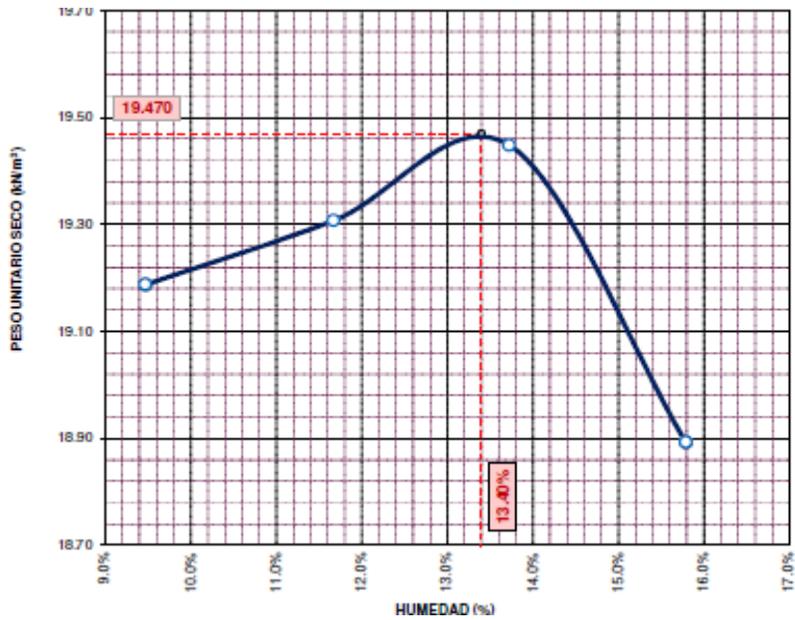


*Fuente:* Elaboración propia

### Suelo natural más porcentaje de Cal

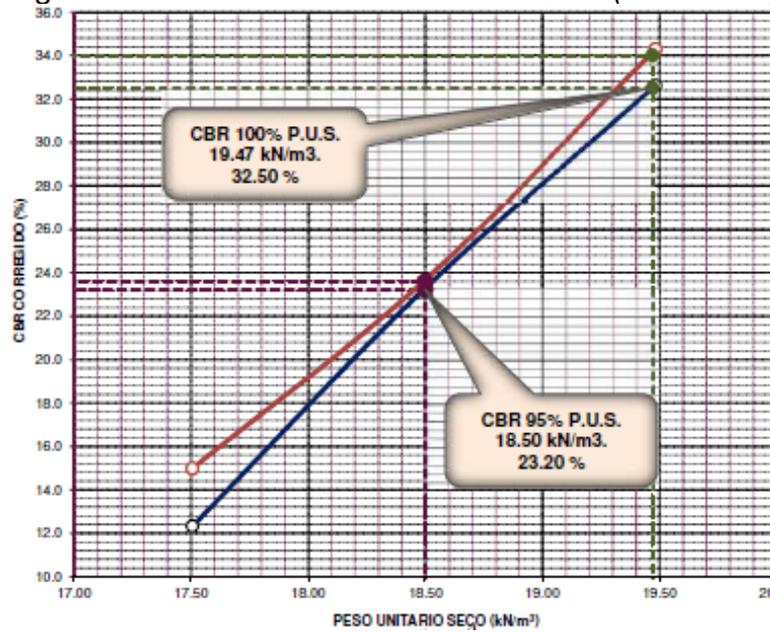
Se trabajó con una muestra representativa de la calicata (C – 4), como (M – 1) con un peso 5000 gr de suelo natural + (2% de cal, 4% de cal y 6% de cal) obteniendo una combinación homogénea de suelo natural más cal.

Figura 4.30. Curva de Compactación (2% de Cal)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.31. *Peso Unitario seco v.s. CBR (2% de Cal)*



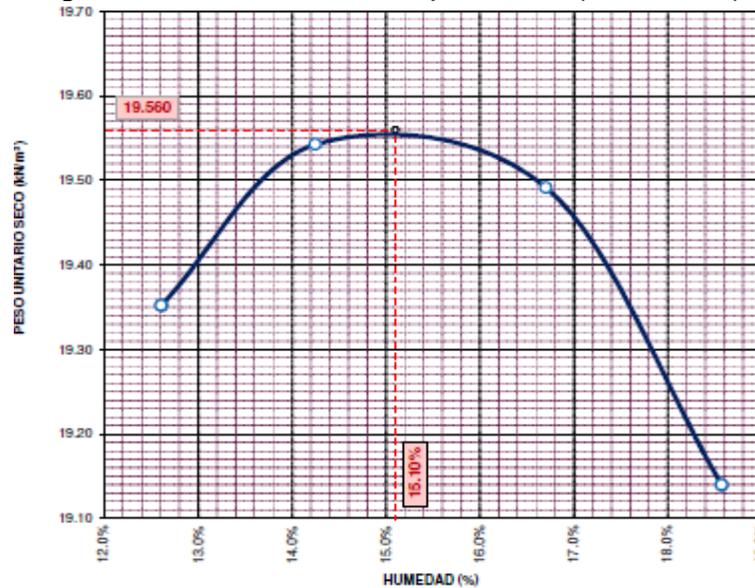
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.18 Suelo natural + 2 % de Cal**

Muestra representativa	California Bearing Ratio (CBR)	
	95%	100%
M - 1	23.20%	32.50%

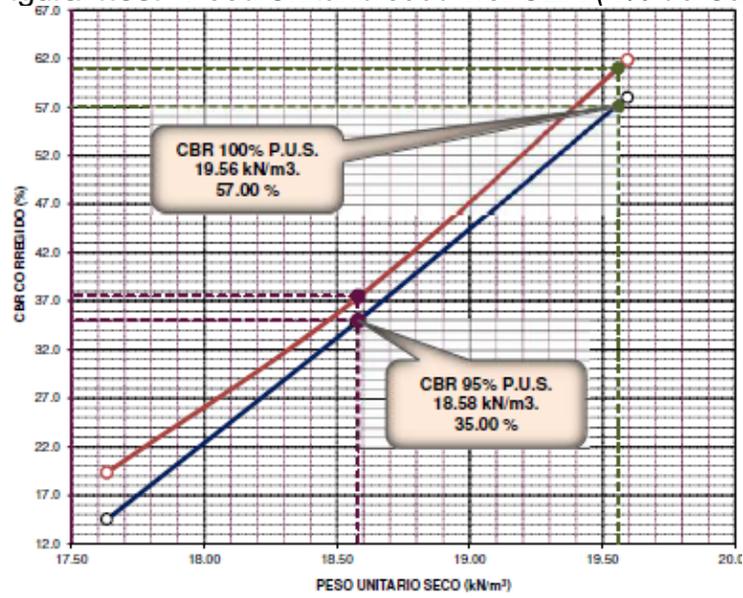
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32. *Curva de Compactación (4% de Cal)*



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33. *Peso Unitario seco v.s. CBR (4% de Cal)*



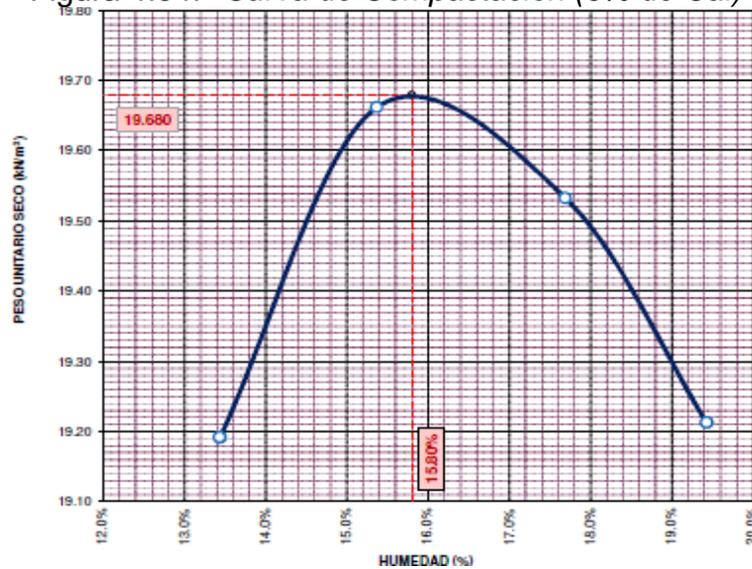
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.19 Suelo natural + 4% de Cal**

Muestra representativa	California Bearing Ratio (CBR)	
M - 1	95%	100%
	35.00%	57.00%

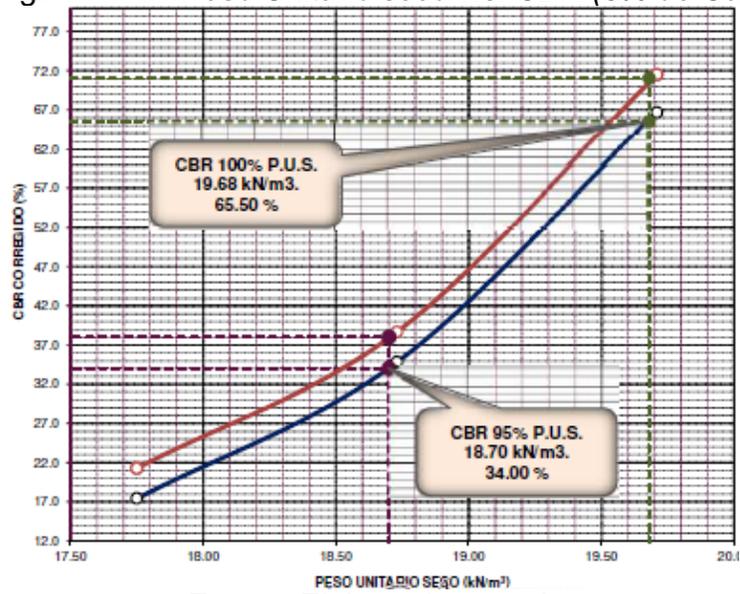
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34. *Curva de Compactación (6% de Cal)*



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35. *Peso Unitario seco v.s. CBR (6% de Cal)*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.20 Suelo natural + 6% de Cal**

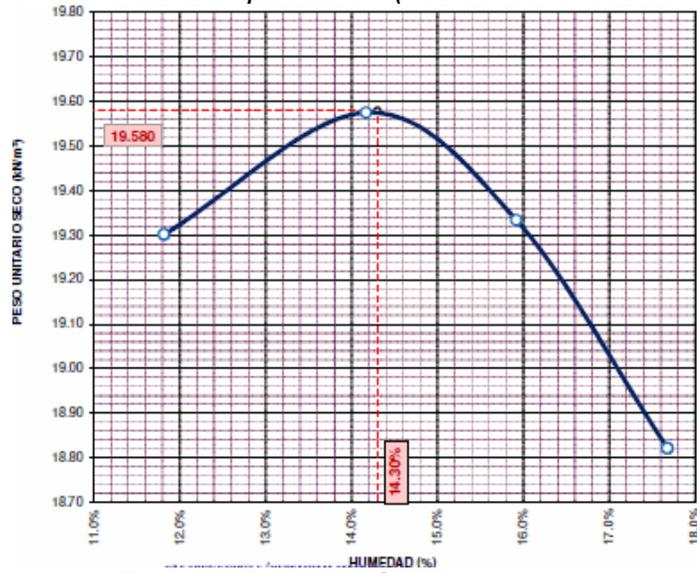
Muestra representativa	California Bearing Ratio (CBR)	
	95%	100%
M - 1	34.00%	65.50%

Fuente: Elaboración propia

**Suelo natural más porcentaje de Cal más porcentaje de Cloruro de sodio**

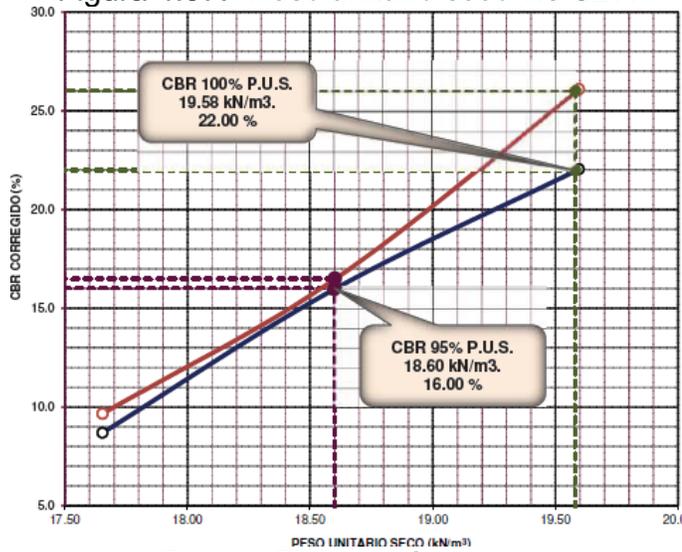
Se trabajó con una muestra representativa de la calicata (C – 4), como (M – 1) con un peso 5000 gr de suelo natural + (1% de cal + 3% de NaCl, 3% de cal + 5% de NaCl y 5% de cal + 8% de NaCl) obteniendo una combinación homogénea.

Figura 4.36. Curva de Compactación (1% de Cal + 3% de NaCl)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.37. Peso unitario seco v.s CBR



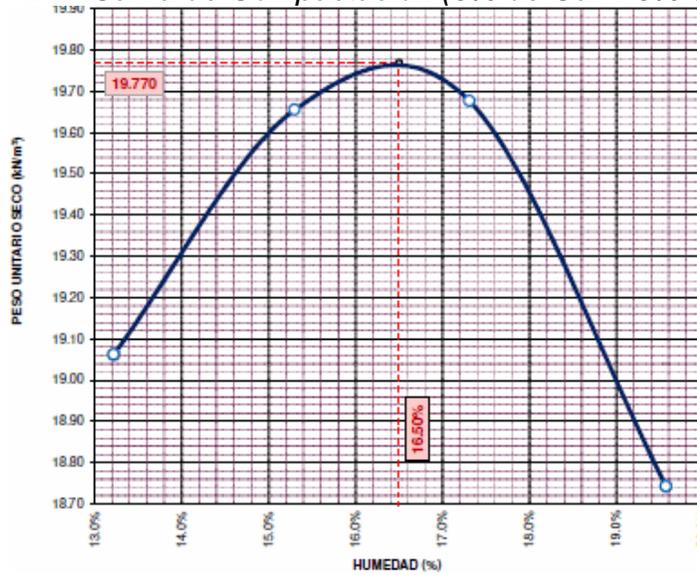
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.21 Suelo natural + 1% de Cal + 3% de NaCl

Muestra representativa	California Bearing Ratio (CBR)	
	95%	100%
M - 1	16.00%	22.00%

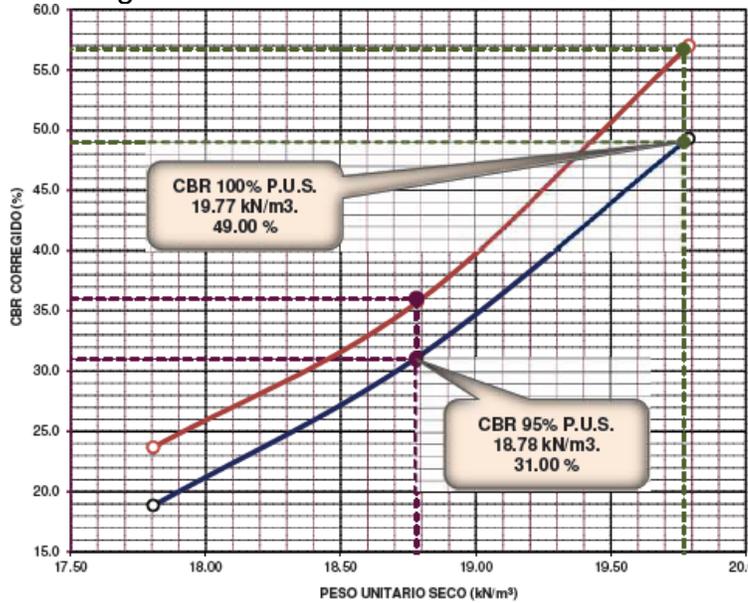
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.38. Curva de Compactación (3% de Cal + 5% de NaCl)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.39. Peso unitario seco v.s CBR



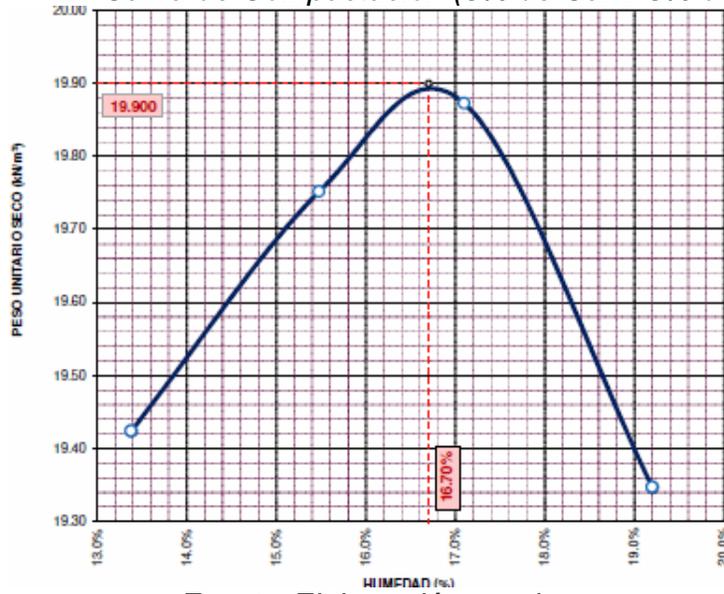
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.22 Suelo natural + 3% de Cal + 5% de NaCl**

Muestra representativa	California Bearing Ratio (CBR)	
	95%	100%
M - 1	31.00%	49.00%

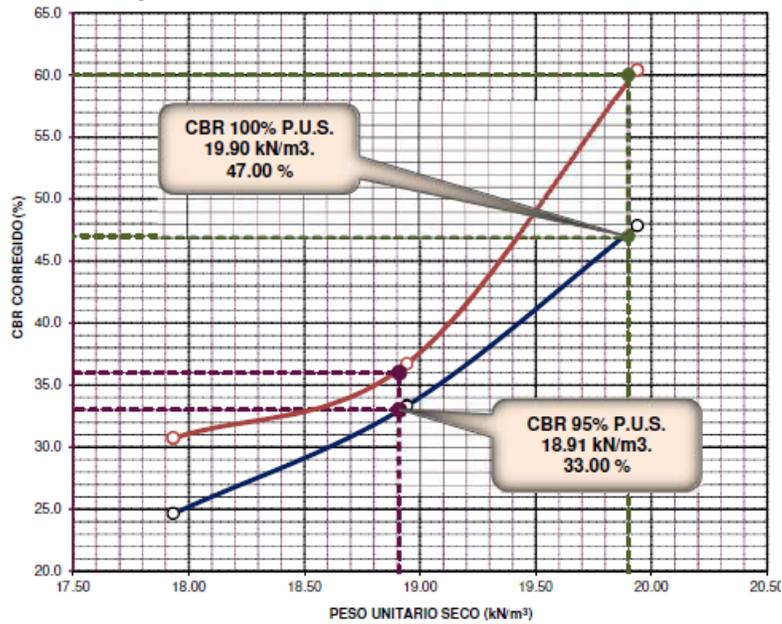
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.40. Curva de Compactación (5% de Cal + 8% de NaCl)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.41. Peso unitario seco v.s CBR

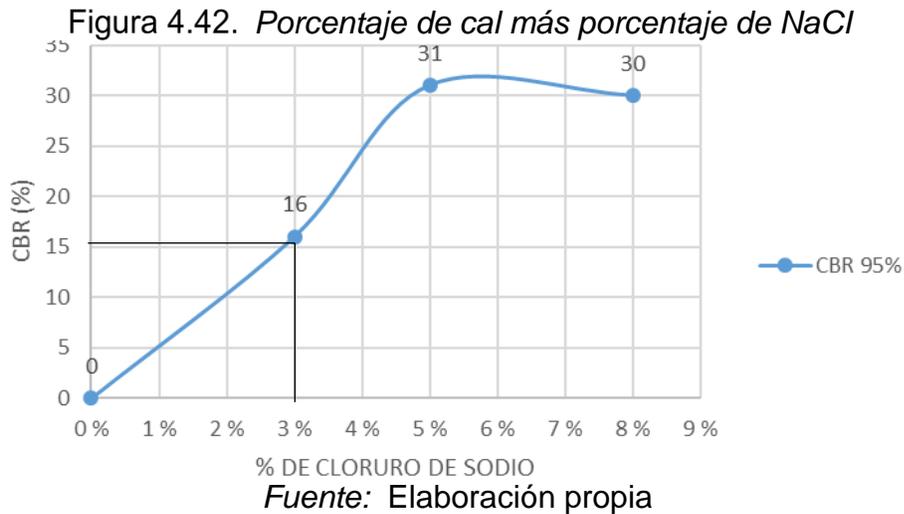


Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.23 Suelo natural + 5% de Cal + 8% de NaCl

Muestra representativa	California Bearing Ratio (CBR)	
	95%	100%
M - 1	33.00%	47.00%

Fuente: Elaboración propia

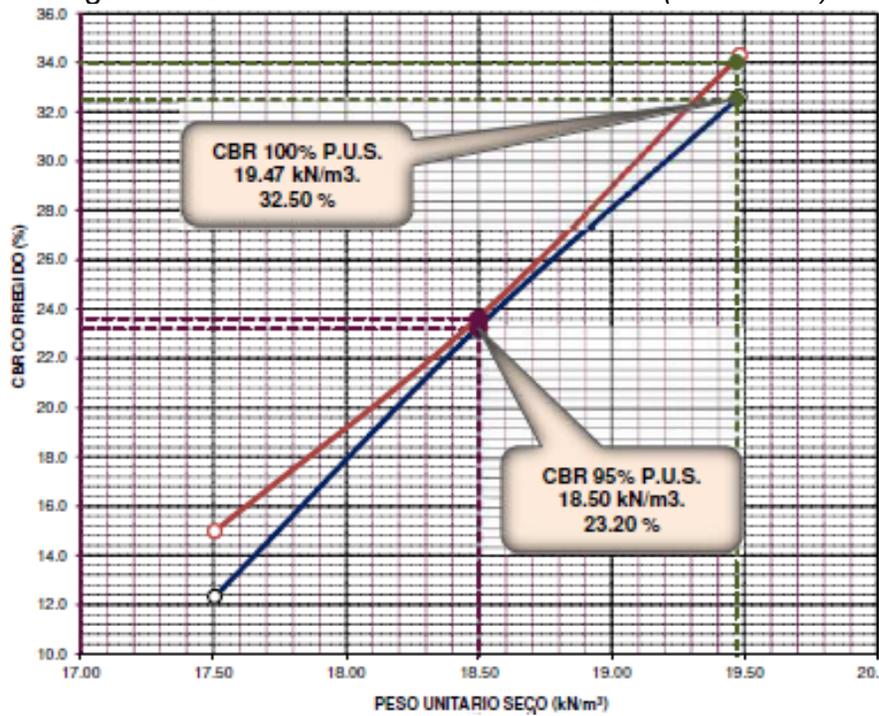


En la figura 4.22 se muestra los resultados obtenidos, suelo natural más 1% de Cal + 3% de NaCl, se obtuvo un CBR de 16.00% con una Máxima Densidad Seca (MDS) de 18.60 kN/m<sup>3</sup>.

#### 4.2. Analizar la variación del CBR de la subrasante en función a la humedad de la subrasante estabilizada con Cal y Cloruro de Sodio

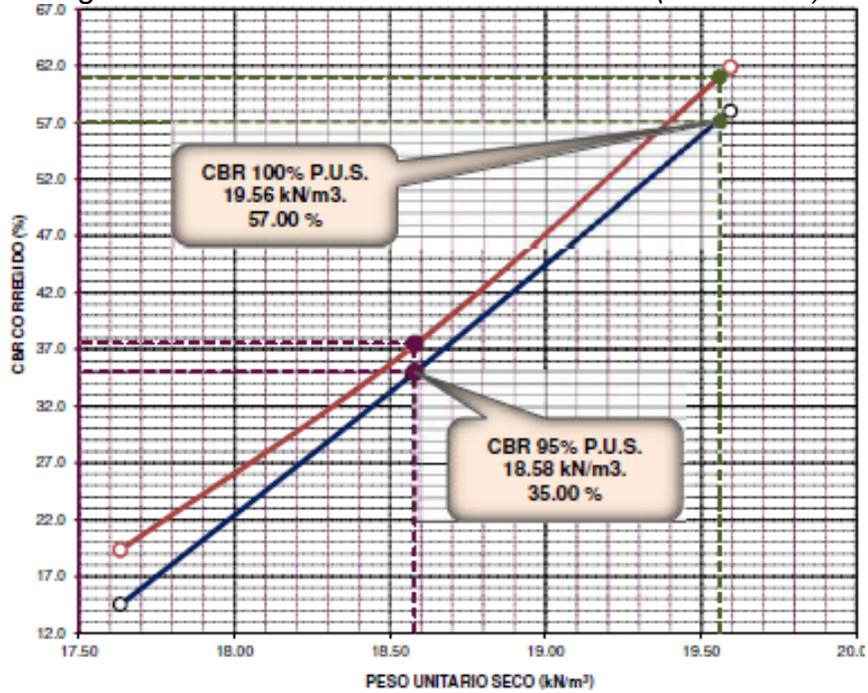
Se trabajó con una muestra representativa de la calicata (C – 4), como (M – 1) con un peso 5000 gr de suelo natural + (2% de Cal, 4% de Cal y 6% de Cal) (1% de cal + 3% de NaCl, 3% de cal + 5% de NaCl y 5% de cal + 8% NaCl) obteniendo una combinación homogénea.

Figura 4.43. *Peso Unitario seco v.s. CBR (2% de Cal)*



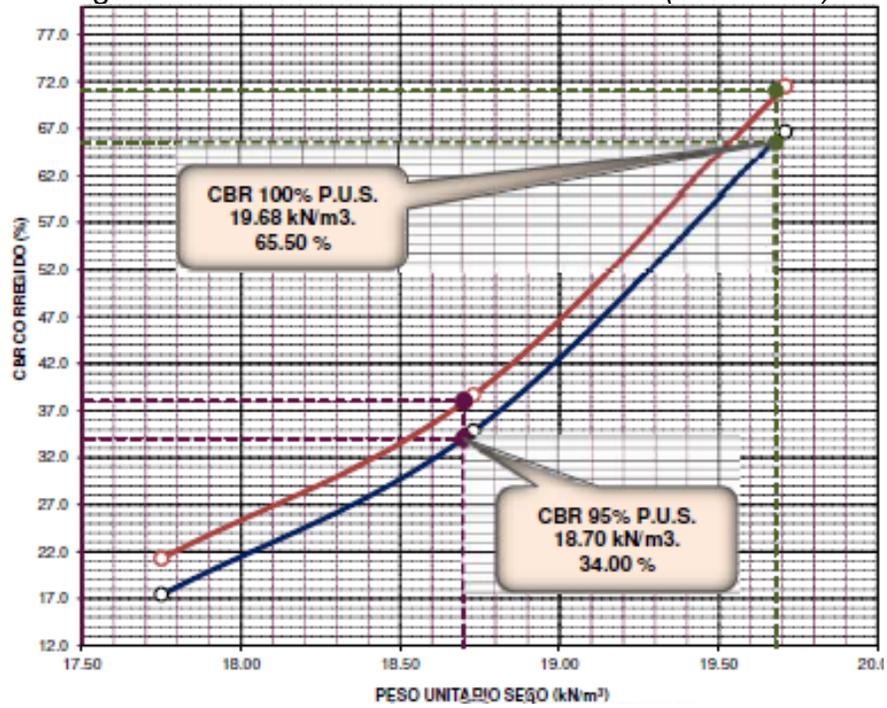
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.44. *Peso Unitario seco v.s. CBR (4% de Cal)*



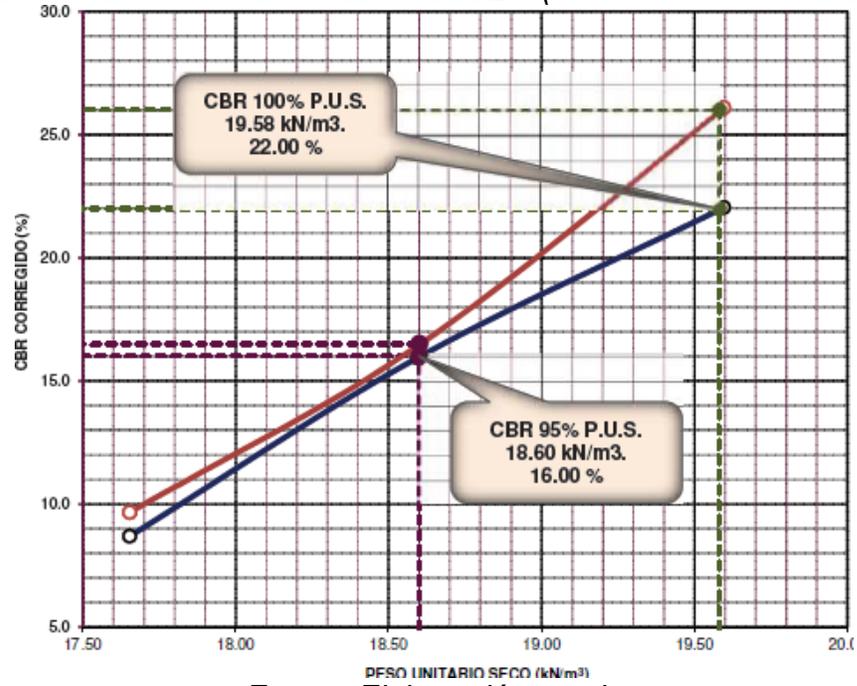
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.45. *Peso Unitario seco v.s. CBR (6% de Cal)*



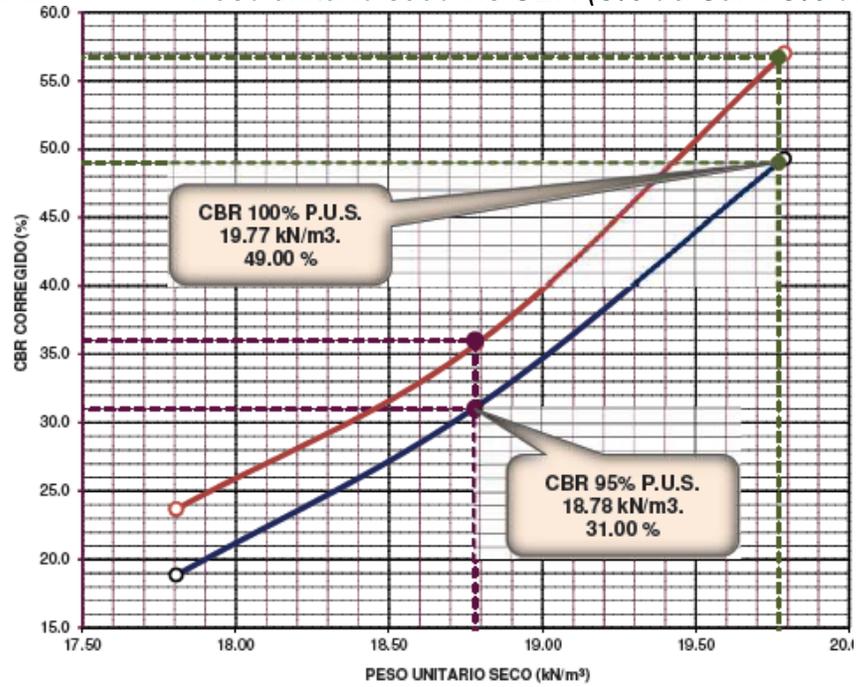
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.46. *Peso unitario seco v.s CBR (1% de Cal + 3% de NaCl)*



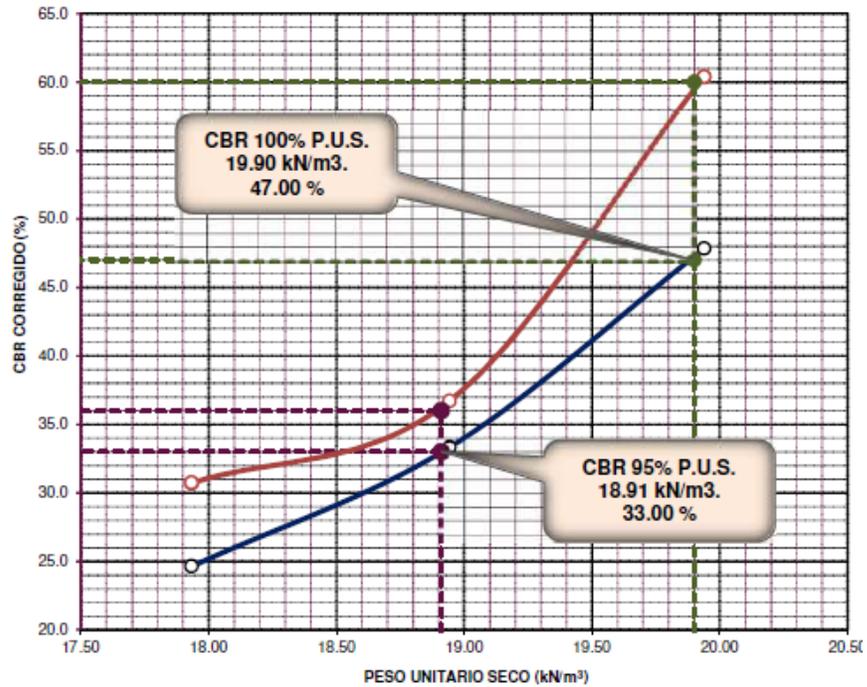
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.47. *Peso unitario seco v.s CBR (3% de Cal + 5% de NaCl)*



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.48. *Peso unitario seco v.s CBR (5% de Cal + 8% de NaCl)*



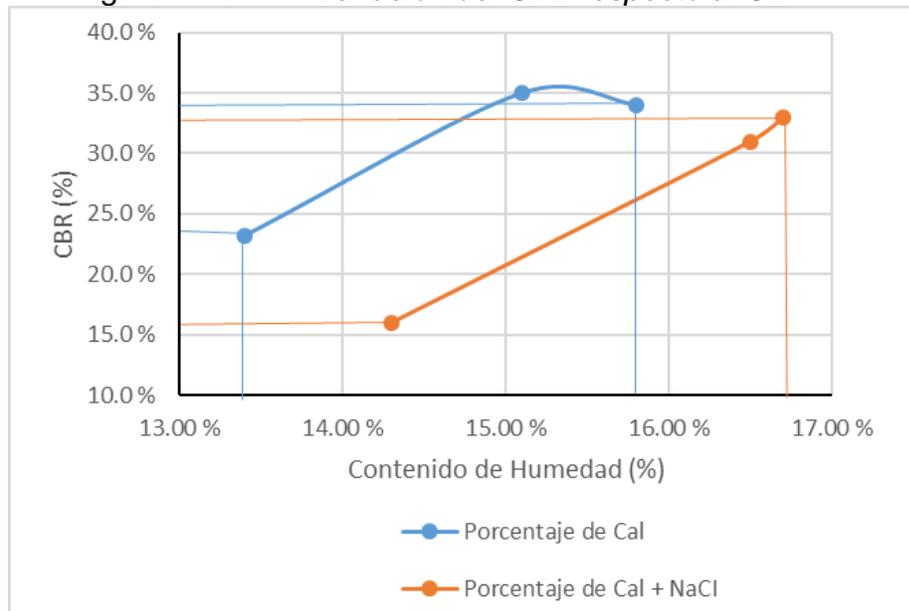
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.24 Resumen de C.H. (%) VS CBR (%)**

	Incorporando porcentaje de Cal			Incorporando porcentaje de Cal mas NaCl		
	2% de Cal	4% de Cal	6% de Cal	1% Cal + 3% NaCl	3% Cal + 5% NaCl	5% Cal + 8% NaCl
CBR (%)	CBR (%)	CBR (%)	CBR (%)	CBR (%)	CBR (%)	CBR (%)
	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Contenido de Humedad	13.40 %	15.10 %	15.80 %	14.30 %	16.50 %	16.70 %
CBR corregido (%)	23.2 %	35.0 %	34.0 %	16.0 %	31.0 %	33.0 %

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.49. Variación del C.H. respecto al CBR



Fuente: Elaboracion propia

Resumen de la figura 4.49. del CBR de la subrasante en función a la humedad de la subrasante estabilizada con Cal y Cloruro de Sodio, Incorporando 1% de Cal + 3% de NaCl con una humedad 14.30% y CBR 16%, incorporando 5% de Cal + 8% de NaCl con una humedad de 16.70 y CBR 33%

donde la estabilizacion con Cal presenta un porcentaje menor al contenido de humedad y un mayor en el CBR, de igual manera la estabilizacion de la combinacion de Cal mas NaCl aumenta el contenido de humead y reduce el CBR gradualmente.

**4.3. Optimizar el diseño del pavimento considerando el CBR del suelo estabilizado de la fundación**

**Estudio de la demanda del tráfico vehicular (IMDA)**

El conteo del tráfico se realizó durante una semana

**Tabla 4.25 Índice anual y clasificación vehicular**

TRAMO	RUTA	EST	SENTIDO	IMD	CAMIONETAS			TOTAL
					AUTO	PICKUP	RURAL Combi	
TITILACA	Titilaca - Santa Rosa	E-1	E	95				
					32	26	37	95
IMDs					32	26	37	95
Fe	se trabajó con la estación de ILAVE				0.99	0.99	0.99	
IMDA 2021					32	25	37	94
$r = 4\%$					$IMDA\ 2021 = IMDA\ 2031 * (1 + r)^n$			
$n = 10\text{ años}$								
IMDA 2031					47	38	54	138

Fuente. Elaboración propia

El tramo seleccionado pertenece a una vía de tercera clase, con calzadas de 6 m de ancho con dos carriles.

**Tabla 4.26 Estudio de tráfico**

ESTACION:		IMDA	Tasa de Crecimiento R	Fca	Fvp	EEdia-carril	Nrep de EE
AUTO "M1"		32	1.20%	10.56	0.0011	0.0169	64.99
PICK UP "N2"		25	4.00%	12.01	0.0169	0.2108	923.80
RURAL COMBI "M2"		37	4.00%	12.01	0.0169	0.3120	1,367.23
		94	Vehiculos/día			Nrep. De EE	2,356.02

Fuente: Elaboración propia

### **Espesor del afirmado requerido con subrasante estabilizado**

Como indica, el (MTC) (2013), para determinar el espesor de la capa de afirmado mediante el método, (NAASRA), donde se refiere al (CBR) y la carga actuante, de Ejes Equivalentes (EE).

$$e = (219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2) * \log_{10} \left( \frac{N_{rep}}{120} \right)$$

Donde:

e = Espesor de la capa de afirmado

CBR = Valor del CBR de la subrasante

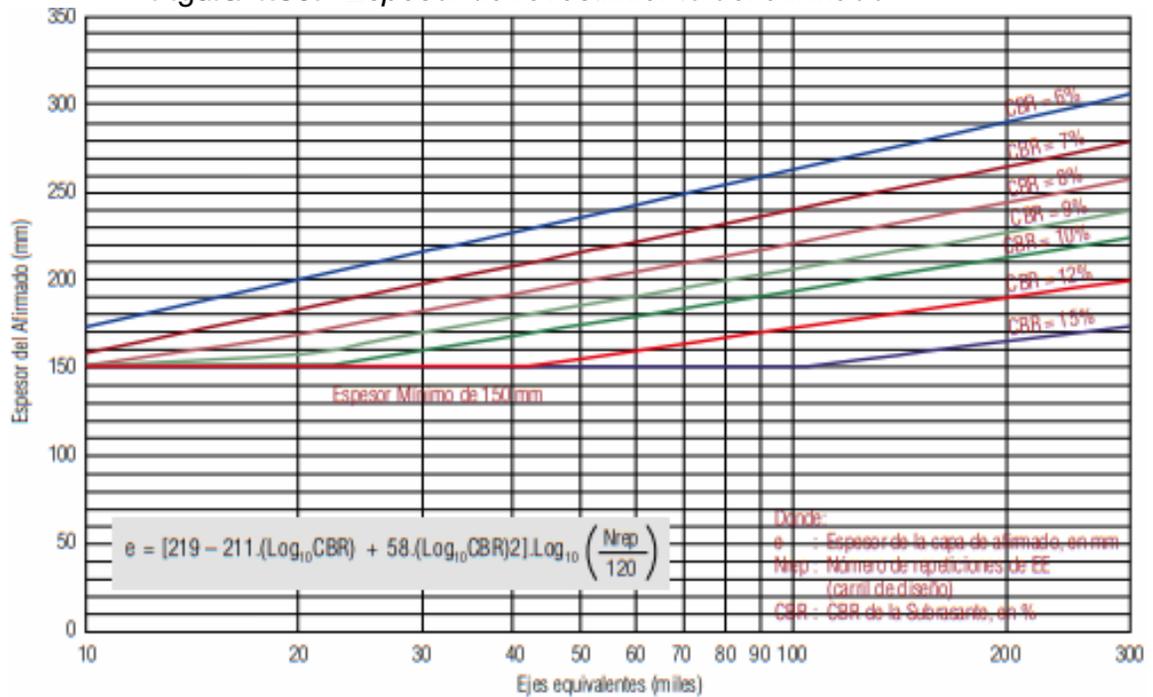
Nrep = (EE) para el carril de diseño

El diseño de la subrasante se determinó con la incorporación de 1% de Cal + 3% de Cloruro de sodio, obtuvo un CBR de 16.00% con una MDS 18.60 kN/m<sup>3</sup>, reemplazando en la ecuación se tiene:

$$e = (219 - 211 * (\log_{10} 16) + 58 * (\log_{10} 16)^2) * \log_{10} \left( \frac{2356.019}{120} \right)$$

e = 6.34 cm.

Figura 4.50. *Espesor de revestimiento del afirmado*



Fuente: Manual de Carreteras (MTC)

- El diseño del afirmado se realizó con la subrasante estabilizado con un CBR de 16%, obteniendo un espesor de afirmado de 6.34 cm, como indica el (MTC), para un periodo de diseño de 10 años de Transito normal proyectado ( $T_{np} < 25,000$  CBR (12% a 20%) espesor de afirmado 15.00 cm.

**4.4. Analizar el mecanismo de falla en el pavimento afirmado de la carretera Ttilaca-Santa Rosa y proponer soluciones técnicas de estabilización química para fines del diseño de pavimento.**

**Estudio de los mecanismos de falla.** Se determinó mediante la evaluación de las deformaciones permanentes en el pavimento de afirmado como el ahuellamiento, los mecanismos de falla para el cual se clasifican severidad baja (6mm – 13mm), severidad media (13mm – 25mm), severidad alta (mayor a 25mm) donde obtuvo el nivel de gravedad de la deformación como se muestra en la siguiente Tabla 4.27.

Figura 4.51. Tramo de estudio



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4.27 Niveles de gravedad de ahuellamiento**

Prog. inicial: 0+070		Prog. final: 0+110		Fecha:
				27/10/2021
N°	Falla	Área (m2)	Profundidad (mm)	Severidad
1	Ahuellamiento	12.3	23	Media
2	Ahuellamiento	6.2	42	Alta
3	Ahuellamiento	2.1	51	Alta
4	Ahuellamiento	7.2	37	Alta
5	Ahuellamiento	14.6	21	Media
6	Ahuellamiento	4.6	49	Alta
7	Ahuellamiento	2.7	30	Alta

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4.28 Niveles de gravedad de ahuellamiento**

Prog. inicial: 1+240		Prog. final: 1+280		Fecha: 27/10/2021
N°	Falla	Área	Profundidad (mm)	Severidad
1	Ahuellamiento	7.3	24	Media
2	Ahuellamiento	4.6	25	Alta
3	Ahuellamiento	9.5	50	Alta
4	Ahuellamiento	2.4	30	Alta
5	Ahuellamiento	1.4	22	Media
6	Ahuellamiento	11.5	55	Alta
7	Ahuellamiento	6.3	37	Alta
8	Ahuellamiento	4.8	22	Media

*Fuente:* Elaboración Propia

Como también, Becerra Delgado y Sánchez Reinoso, (2018) recomienda que la evaluación se realice cada 40.00 m para el cual se ha considerado y teniendo en cuenta la muestra representativa de la carretera que es de 2 km. Se consideró por cada kilómetro 1 unidades de muestreo total son 2 unidades de muestreo.

Por lo tanto, la falla producida por el Ahuellamiento de acuerdo a la evaluación realizada del tramo en estudio se determinó, según el área y la profundidad una severidad alta, lo cual es un indicador de la baja capacidad de soporte de la subrasante donde presenta un I.P. de 19 como un suelo arcilloso y una clasificación (SUCS) (CL) arcilla de baja plasticidad con arena.

De acuerdo al análisis de la variación del CBR y al contenido de humedad optima la solución técnica mas apropiada para la estabilización química mediante la incorporación 1% de Cal + 3% de Cloruro de Sodio, obteniendo un valor de CBR de 16%, para el diseño del afirmado.

## V. DISCUSIÓN

Mejorar la capacidad de soporte de la fundación de la carretera Titilaca-Santa Rosa, según los resultados obtenidos de laboratorio, suelo natural más 1% de Cal + 3% de NaCl, se obtuvo un CBR de 16.00%.

También se tiene como antecedente nacional. López et al (2018) obtuvo resultados incorporando porcentajes de 2% de Cal alcanza un CBR de 17.50%, a su vez como antecedente internacional a Larrea (2019) obtuvo con una incorporación de 15% NaCl y CBR de 24.2%.

Por consiguiente, el (MTC) establece para la estabilización una incorporación de 2% a 4% de Cal.

De acuerdo a los resultados obtenidos del mejoramiento de la capacidad de soporte en lo cual se completó el objetivo.

Analizar la variación del CBR de la subrasante en función a la humedad estabilizada con Cal y NaCl, donde se obtuvo la incorporación de 1% de Cal + 3% de NaCl una humedad 14.30% y CBR 16%, incorporando 5% de Cal + 8% de NaCl se obtuvo una humedad de 16.70% y CBR 33%.

Como antecedente nacional se tiene a Quiroz (2020) el cual obtuvo al incorporar 1% de NaCl una humedad de 12.12% y CBR de 8.36%, al incorporar 2% NaCl una humedad de 11.76% y CBR de 8.62%.

De los resultados obtenidos incorporando Cal y Cloruro de Sodio se tiene una variación de humedad 2.40% y CBR 17%, a su vez como antecedente nacional varía de 0.36% la humedad y el CBR en un 0.26%.

Optimizar el diseño del pavimento considerando el CBR del suelo estabilizado de la fundación para el cual el diseño del afirmado se realizó con la estabilización de 1% de Cal + 3% de NaCl con un CBR de 16%, obteniendo un espesor de 15. Cm.

A si mismo citado como antecedente Nacional según, Díaz et al (2018), obtuvo un CBR de 6.40% con espesor de 25.00 cm. de acuerdo al (MTC), para un

periodo de diseño de 10 años Transito normal proyectado ( $T_{np}$ ) < 25,000 CBR (12% a 20%) espesor mínimo de afirmado se considera 15.00 cm.

De acuerdo a los resultados obtenidos para el diseño de pavimento considero el CBR estabilizado para el espesor de afirmado se cumplió con el objetivo.

Analizar el mecanismo de falla en el pavimento afirmado de la carretera Titilaca-Santa Rosa y proponer soluciones técnicas de estabilización química para fines del diseño de pavimento, se tiene la falla producida por el Ahuellamiento de acuerdo a la evaluación realizada del tramo en estudio se determinó, el área y la profundidad con una severidad alta, lo cual es un indicador de la baja capacidad de soporte de la subrasante.

Como antecedente nacional se tiene a López et al (2018) evaluó un afirmado con fallas a nivel de subrasante que está compuesto de suelos arcillosos para lo cual obtuvo un valor de CBR 17.50% incorporando 2% de cal para el diseño del afirmado. de acuerdo a American Society for Testing and materials (ASTM D6433-03) (2003), indica el mecanismo de falla por ahuellamiento es causado por las cargas y deficiencia constructiva.

por consiguiente, el análisis de la variación del CBR y al contenido de humedad optima la solución técnica más apropiada para la estabilización química será mediante la incorporación 1% de Cal + 3% de Cloruro de Sodio, obteniendo un valor de CBR de 16%, para el diseño del afirmado.

## VI. CONCLUSIONES

Se mejoró la capacidad de soporte de la fundación de la carretera Titilaca-Santa Rosa mediante la estabilización del suelo natural más 1% de Cal + 3% de Cloruro de Sodio, con el cual se obtiene un CBR de 16.00%.

Se calculó la variación del CBR de la subrasante en función a la humedad estabilizada con Cal y NaCl, donde se obtuvo la incorporación de 1% de Cal + 3% de NaCl una humedad 14.30% y CBR de 16%, incorporando 5% de Cal + 8% de NaCl se obtuvo una humedad de 16.70% y CBR de 33%. de los resultados obtenidos incorporando Cal y Cloruro de Sodio se tiene una variación de humedad que incrementa en un 2.40% y un aumento de CBR de 17%.

Se determinó para el diseño del pavimento considerando el CBR del suelo estabilizado de la fundación para el cual el diseño del afirmado se realizó con la estabilización de 1% de Cal + 3% de NaCl con un CBR de 16%, obteniendo un espesor de afirmado de 15. Cm.

Se determinó el mecanismo de falla mediante la evaluación del ahuellamiento según la norma ASTM D 6433-03 , indica el mecanismo de falla por ahuellamiento es causado por las cargas y deficiencia constructivas en la subrasante y la solución técnica más apropiada es mediante la estabilización de cal y cloruro de sodio 1% de Cal + 3% de NaCl, obteniendo un valor de CBR de 16%.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda para mejorar la capacidad de soporte la estabilización mediante la incorporación de Cal y NaCl con 1% de Cal + 5% de NaCl para obtener un CBR de 16% el cual es admisible de acuerdo al (MTC), también se recomienda usar otro tipo de cal que cumplan con estándares requeridos.

Se recomienda para la estabilización de Cal y NaCl incorporar un porcentaje de 2% - 5% de Cal y de 1% - 8% de NaCl para obtener un incremento de la humedad en un 2.40% y una elevación de CBR de 17%, también se recomienda analizar el comportamiento con otros agentes estabilizadores y ver cómo afecta a las propiedades de las mismas.

Se recomienda para el diseño de pavimento afirmado una estabilización con 1% de Cal + 3% de Cloruro de Sodio para obtener un CBR de 16%, para el cual se obtendrá un espesor de afirmado de 15 cm, a su vez se recomienda utilizar la dosificación en otros tipos de suelos para evaluar su comportamiento.

Se recomienda para la evaluación superficial de los mecanismos de falla aplicar las metodologías ASTM D 6433 – 03 para determinar las posibles fallas en el afirmado a su vez la solución técnica más apropiada es mediante la estabilización de Cal y NaCl para un suelo arcilloso donde el afirmado presenta un bajo volumen de tránsito, de igual manera se recomienda usar este estudio sirve como guía básica para la estabilización.

## REFERENCIAS

- ALTAMIRANO Navarro, G. J., & Diaz Sandino, A. E. (2015). *Estabilizacion de suelos cohesivos por medio de la cal en las vias de la cominidad de San Isidro del Pegon, Municipio Potosi-Rivas*. Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua.
- ANDER Egg, E. (2011). *Aprender a investigar* (Primera Edicion ed.). Cordoba, Argentina: Brujas.
- ASTM D 2216 - 19 American Society for Testing and Materials Contenido de Humedad. (2019). EE. UU.
- ASTM D 4318 – 05 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. (2005). West Conshohocken, Estados Unidos: ASTM International.
- BAENA Paz, G. (2017). *Metologia de la investigacion* (Tercera edicion ed.). Mexico, Mexico: PATRIA.
- Becerra Delgado, A. E., & Sánchez Reinoso, P. S. (2018). Evaluación de la condición del pavimento del Sector el Valle y su marco sostenible. (pág. 339). Cuenca - Ecuador: Universidad de Cuenca.
- BOWELS, J. (2006). ASTM D-1557 COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (56 000 pie-lb/pie<sup>3</sup> [2 700 kN-m/m<sup>3</sup>]) (PROCTOR MODIFICADO). *PRIMER TALLER DE MECANICA DE SUELOS – MARZO 2006*, 13.
- BOWLE J, E. (2006). *ASTM D-1883, AASHTO T-193, ( Experimento N° 19) , MTC E 132-2000*. Universidad Nacional de Ingenieria, Lima.
- BRAJA M., D. (2013). *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA* (4th Edition ed.). (S. R. González, Ed.) Cruz Manca, México: Cengage Learning Editores, S.A. doi:ISBN: 978-607-519-373-1
- CRUZ del Castillo, C., Olivares Orosco, S., & Gonzales Garcia, M. (2014). *Metodologia de la investigacion* (Primera edicion Ebook ed.). D.F, Mexico: PATRIA. Obtenido de ISBN ebook 978-607-438-876-3
- DIAZ Vasquez, F. (2018). *Mejoramiento de la sub rasante mediante ceniza de cascara de arroz en la carretera Dv San Martin*. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Peru.
- GARCIA Toro, J. R. (2019). Estudio de la tecnica de suelo-cemento para la estabilizacion de vias terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolin. *Creative Commons*. Universidad Catolica de Colombia, Bogota, Colombia.

GRACIELA Colome, D., & Eduardo Femina, P. (2018). *Metodología de investigación para estudiantes de ingeniería* (Primera Edición ed.). Ediciones Plaza. Obtenido de ISBN: 978-987-770-605-5

HERNANDEZ Sampiere, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta Edición ed.). D.F., Mexico: Mc Graw Hill Education. Obtenido de ISBN: 978-607-15-029-9

HUAPAYA Huapaya, C., & Ginocchio Celi, J. F. (2018). *Guía de investigación en ciencias e ingeniería Ingeniería Civil* (Primera Edición ed.). Lima, Peru: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de ISBN: 978-612-47745-2-2

JUAREZ Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2005). *Mecánica de Suelos*. Mexico: Limusa.

LOPEZ Sumarriva, J. J., & Ortiz Pinares, G. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la Ciudad de Abancay*. Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Peru.

*MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES*. (2016). Lima, Perú.

MENDEZ Acurio, R., & Olarte Pinares, J. (2013). *Método mecanístico calibrado para determinar el espesor de subrasante mejorada en suelo limo-arcillosos*.

MENDEZ Ramirez, I., Namihira Guerrero, D., Moreno Altamirano, L., & Sosa de Martinez, C. (1996). *El Protocolo de Investigación* (Segunda Edición ed.). D.F., Mexico: TRILLAS. Obtenido de ISBN 968-4100-5

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

*Ministerio de Transportes y Comunicaciones Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. (2013). Lima, Perú.

*Ministerio de Transportes y Comunicaciones Manual de Ensayo de materiales*. (2016). Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

NIÑO Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación* (Primera Edición ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. Obtenido de ISBN: 978-958-8675-94-7

*NORMA TÉCNICA PERUANA 339.128*. (2014). Lima, Perú: NTP.

PALLI Apaza, E. E. (2016). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la Provincia de San Roman*. Universidad Nacional del Altiplano, Juliaca, Peru.

PICO Nuñez, J. C. (2016). *Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Tiligote y Masabachos de la parroquia Benitez Canton San Pedro, con Cal y Cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos. (2003). *ASTM D 6433-03 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS*, 81.

QUIROZ Alcantara, A. (2020). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo tránsito desde el caserío los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarenta, Distrito de Morrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

QUISPE Rios, J., & Huaman Yuto, C. (2020). *Estudio geológico - geotécnico para la estabilización de la subrasante en el aeropuerto internacional de Chinchero aplicando cloruro de sodio y cal*. Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco, Cusco, Perú.

Rivas Cajo, J. C., & Larrea Olivero, B. (2019). *Estabilización de suelos arcillosos con cloruro de sodio y cloruro de calcio*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Rodríguez Velásquez, E. D. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla*. Tesis de Pregrado. Universidad de Piura, Piura.

ROJAS C.M.V, M. (2002). *Manual de investigación y redacción científica* (Primera Edición ed.). Lima, Peru: MRC.

RONDON Quintana, H., Reyes Lizcano, F., & Sanchez Cotte, E. (2012). Permanent deformation of fine-grained materials in subgrades. *Revisión GIICUD*, 151.

SANCHEZ Carlessi, H., Reyes Romero, C., & Mejia Saenz, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística* (Primera Edición ed.). Lima, Peru: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de ISBN: 978-612-47351-4-1

SHUAN Lucas, L. (2006). *TALLER BÁSICO DE MECÁNICA DE SUELOS*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, Lima.

SUCA Suca, N. L. (2014). *Metodologia de la investigacion cientifica y tecnologica en la ingenieria civil* (Primera Edicion ed.). Puno, Peru: Sagitario Impresores.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Matriz de Operalización de Variables

Título: Estabilización de suelos arcillosos de subrasante incorporando cal y cloruro de sodio, carretera Titilaca – Santa Rosa, Puno, 2021.

Autor: Br. Velasquez Quispe Omar Ruben

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
VD: Deformación permanente	Es la deformación vertical que se va acumulando debido al paso de los vehículos la cual puede generar fallas estructurales.	Esta Variable se operacionaliza mediante su dimensión ahuellamiento es una falla que se manifiesta superficialmente:	Ahuellamiento	Profundidad (mm)	Flexómetro	Razón
VI 1: Capacidad de soporte de subrasante	Este ensayo es utilizado para determinar la resistencia de suelo que conforma la subrasante y se determina a un óptimo contenido de humedad	Esta variable se operacionaliza mediante su dimensión relación de soporte de california California Bearing Ratio de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio	Relación de Soporte de California	CBR (%)	Laboratorio de mecánica de suelos	Razón
VI 2: Optimo contenido de humedad	Se refiere a la cantidad de agua necesaria con la cual se comporta el suelo hasta un peso unitario seco	Esta variable se operacionaliza mediante su dimensión proctor modificado	Proctor modificado	% de humedad	Laboratorio de mecánica de suelos	Razón
VI 3: Estabilización	En casos en las cuales no cumpla los requisitos mínimos de CBR en subrasantes se deben utilizar métodos para estabilización, para mejorar su capacidad de soporte	Esta variable se operacionaliza mediante sus dimensiones como es su máxima densidad seca	Máxima densidad seca	% de Cal	Laboratorio de mecánica de suelos	Razón
				% de Cloruro de sodio	Laboratorio de mecánica de suelos	Razón

Anexo 2  
Matriz de Consistencia

Título: Estabilización de suelos arcillosos de subrasante incorporando Cal y Cloruro de sodio, carretera Titilaca-Santa Rosa, Puno 2021  
Autor: Br. Velasquez Quispe Omar Ruben

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
El tramo de la carretera de Titilaca-Santa Rosa, ubicado en el departamento de Puno, tiene un recorrido adyacente al lago Titicaca, en la actualidad se puede observar que la superficie de rodadura presenta fallas del tipo deformaciones permanentes, las cuales se hacen más críticas en temporadas de lluvias, afectando la serviciabilidad de la vía <b>¿Cuál es el mecanismo de falla que ocasiona deformaciones permanentes en la carretera Titilaca-Santa Rosa que se encuentra a nivel de afirmado?</b>	Analizar el mecanismo de falla en el pavimento afirmado de la carretera Titilaca-Santa Rosa y proponer soluciones técnicas de estabilización química para fines del diseño de pavimento	Es posible a partir de un estudio de los componentes del sistema afirmado - subrasante inferir el mecanismo de falla que ocasiona las deformaciones en el pavimento afirmado de la carretera Titilaca-Santa Rosa	VD: Deformación permanente	Ahuellamiento	Profundidad (mm)	Razón	<b>Método científico:</b> según Huapaya et al (2018), es el medio que se emplea para responder las interrogantes de investigación  <b>Tipo: Aplicada</b> según Graciela et al (2018) busca la dedicación o empleo de conocimientos que se perciben
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	VI 1: Capacidad de soporte de subrasante	Relación de Soporte de California	CBR (%)	Razón	<b>Nivel: Explicativo</b> según Hernandez et al (2014), es aquel que guarda relación causal
De acuerdo a estudios de suelos previos de la carretera Titilaca-Santa Rosa, se conoce que el suelo de fundación está conformado por arcillas y limos plásticos, los cuales presentan una capacidad de soporte insuficiente <b>¿De qué manera se puede mejorar la capacidad de soporte del tramo en estudio?</b>	Mejorar la capacidad de soporte de la fundación de la carretera Titilaca-Santa Rosa	Una forma de mejorar la capacidad de soporte de los suelos de la carretera Titilaca-Santa Rosa sería considerando la estabilización química de la fundación empleando Cal y Cloruro de Sodio	VI 2: Optimo contenido del suelo	Proctor modificado	% de humedad	Razón	<b>Diseño: Cuasi experimental,</b> según Cruz et al (2014), los grupos en estudio no han sido seleccionados al azar
El tramo de carretera Titilaca- Santa Rosa se encuentra próximo al lago Titicaca, además en esta región se presenta lluvias cíclicas anuales específicamente de, lo cual genera que el nivel freático ascienda por capilaridad afectando el comportamiento de la subrasante <b>¿Cómo se podría magnificar el efecto de la humedad de la subrasante para fines de estimar la capacidad de soporte?</b>	Analizar la variación del CBR de la subrasante en función a la humedad de la estabilizada con Cal y Cloruro de Sodio	Mediante la comparación del CBR de la subrasante natural y el CBR de la subrasante estabilizado con Cal y Cloruro de sodio en relación al contenido de humedad mejorara la capacidad de soporte	VI 3: Estabilización	Máxima densidad seca	% de Cal  % de Cloruro de sodio	Razón  Razón	<b>Población:</b> Carretera Titilaca – Santa Rosa  <b>Muestra:</b> carretera Titilaca – Santa Rosa km 0+000 a km 2+000  <b>Muestreo:</b> no probabilístico  <b>Técnica:</b> observación directa
El diseño del pavimento a nivel de afirmado está directamente relacionado al CBR de la subrasante en ese sentido valores bajos de CBR van a dar espesores altos de componentes de capa del pavimento <b>¿Cómo se podría realizar un adecuado diseño de pavimento de afirmado considerando del CBR estabilizado?</b>	Optimizar el diseño del pavimento considerando el CBR del suelo estabilizado de la fundación	A partir de la estabilización de suelo con Cal y Cloruro de sodio mejorara la capacidad de soporte incrementando el CBR y optimizando el diseño del pavimento					

Anexo 3

**DOCUMENTOS PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A TRAVÉS DE JUICIO  
DE EXPERTOS**

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a)(ita): Ely Magaly Canchaco Ordoño.

Presente:

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiantes de la EP de Ingeniería Civil de la UCV, en la sede de Lima Norte, promoción 2021-II, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Estabilización de Suelos Arcillosos de Subrasante incorporando Cal y Cloruro de Sodio, Carretera Titilaca – Santa Rosa, Puno, 2021”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Apellidos y Nombres del Autor Velasquez Quispe Omar Ruben	Firma 
DNI: 47000310	
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-2884-2205">0000-0002-2884-2205</a>	

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

### **Variable 1:** Deformación permanente

Como manifiesta Rondón (2012), deformación permanente comúnmente denominado ahuellamiento, es la deformación vertical residual que se va acumulando debido al paso de los vehículos la cual puede generar fallas en la estructura (p. 141).

### **Variable 2:** Capacidad de soporte de subrasante

define Shuan (2006) menciona que este ensayo es utilizado para determinar la resistencia del suelo que conforma la subrasante y se determina a un óptimo contenido de humedad, se calcula en función a valores de una muestra patrón (p. 5)

### **Variable 3:** Óptimo contenido de humedad

como es mencionado en ASTM D 2216 - 19 (2019) Se refiere a la cantidad de agua necesaria con la cual se compacta el suelo hasta un peso unitario seco máximo. Esta se aprecia en la curva de la máxima densidad seca (P.2)

### **Variable 4:** Estabilización

En casos en las cuales no cumplan los requisitos mínimos de CBR en subrasante, se deben utilizar métodos químicos para mejorar la capacidad resistente de la estructura que será parte de una vía (p. 8)

### **Dimensiones de las variables:**

#### Dimensión 1: Ahuellamiento

Rodríguez (2009) determinó mediante la evaluación de las deformaciones permanentes en el pavimento de afirmado como el ahuellamiento, los mecanismos de falla para el cual se clasifican severidad baja (6mm – 13mm), severidad media (13mm – 25mm), severidad alta (mayor a 25mm) donde obtuvo el nivel de gravedad de la deformación

#### Dimensión 2: Relación de Soporte de California

Como también Bowle (2006), el procedimiento de ensayo para la determinación de resistencia de los suelos de la relación de soporte California Bearing Ratio (CBR) el ensayo se realiza con muestras preparadas en laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad, este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos, subrasante, sub-base o base y de afirmados (p. 1).

### Dimensión 3: Proctor modificado

Como refiere Bowels (2006) Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie<sup>3</sup> (2 700 kN-m/m<sup>3</sup>). (p. 2).

### Dimensión 4: Máxima densidad seca

Como indica Manual de Ensayo de Materiales (MTC) (2016) Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
VD: Deformación permanente	Ahuellamiento	Profundidad (mm)	Razón	flexómetro
VI1: Capacidad de soporte de subrasante	Relación de Soporte de California	CBR (%)	Razón	Laboratorio de mecánica de suelos
VI2: Optimo contenido de humedad	Proctor modificado	% de humedad	Razón	Laboratorio de mecánica de suelos
VI3: : Estabilización	Máxima densidad seca	% de Cal	Razón	Laboratorio de mecánica de suelos
		% de Cloruro de sodio	Razón	

Fuente: Elaboración propia.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....**

N°	VARIABLES DIMENSIONES INDICADORES	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	Deformación permanente							
	DIMENSIÓN 1	Si	No	Si	No	Si	No	
	Ahuellamiento							
2	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 1</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	Capacidad de soporte de subrasante							
	DIMENSIÓN 1	Si	No	Si	No	Si	No	
	Relación de Soporte de California							
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 2</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	Optimo contenido del suelo							
	DIMENSIÓN 2	Si	No	Si	No	Si	No	
	Proctor modificado							
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 3</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	Estabilización							
	DIMENSIÓN 3	Si	No	Si	No	Si	No	
	Máxima densidad seca							

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):** De acuerdo al planteamiento de las variables y sus dimensiones es válido.

**Opinión de aplicabilidad:**    **Aplicable [ X ]**    **Aplicable después de corregir [ ]**    **No aplicable [ ]**

**Apellidos y nombres del juez validador.** Ing: Ely Magaly Canchaco Ordoño    **DNI:** 77707658

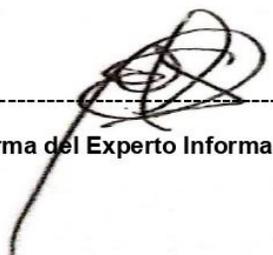
<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

23 de Noviembre del 2021



-----  
**Firma del Experto Informante.**

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a)(ita): Jhan Carlos Flores Mamani.

Presente:

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiantes de la EP de Ingeniería Civil de la UCV, en la sede de Lima Norte, promoción 2021-II, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Estabilización de Suelos Arcillosos de Subrasante incorporando Cal y Cloruro de Sodio, Carretera Titilaca – Santa Rosa, Puno, 2021”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Apellidos y Nombres del Autor Velasquez Quispe Omar Ruben	Firma 
DNI: 47000310	
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-2884-2205">0000-0002-2884-2205</a>	

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....**

N°	VARIABLES7DIMENSIONE7INDICADORES	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Deformación permanente					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<b>DIMENSIÓN 1</b>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ahuellamiento					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 1</b>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Capacidad de soporte de subrasante					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<b>DIMENSIÓN 1</b>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Relación de Soporte de California					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 2</b>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Optimo contenido del suelo					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<b>DIMENSIÓN 2</b>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Proctor modificado					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 3</b>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Estabilización					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<b>DIMENSIÓN 3</b>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Máxima densidad seca					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Conforme a las variables y dimensiones el tema es adecuado

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable     Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Ing.: Jhan Carlos Flores Mamani    DNI: 46595958

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

23 de noviembre del 2021



*Juan Carlos Flores Mamani*  
**Juan Carlos Flores Mamani**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 266138

Firma del Experto Informante.

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a)(ita): **Huaccoto Mayta Ruth Roxana**

Presente:

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiantes de la EP de Ingeniería Civil de la UCV, en la sede de Lima Norte, promoción 2021-II, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Estabilización de Suelos Arcillosos de Subrasante incorporando Cal y Cloruro de Sodio, Carretera Titilaca – Santa Rosa, Puno, 2021”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Apellidos y Nombres del Autor Velasquez Quispe Omar Ruben	Firma 
DNI: 47000310	
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-2884-2205">0000-0002-2884-2205</a>	

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE .....**

Nº	VARIABLES DIMENSIONES INDICADORES	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	Deformación permanente							
	DIMENSIÓN 1	Si	No	Si	No	Si	No	
	Ahuellamiento							
2	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 1</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	Capacidad de soporte de subrasante							
	DIMENSIÓN 1	Si	No	Si	No	Si	No	
	Relación de Soporte de California							
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 2</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	Óptimo contenido del suelo							
	DIMENSIÓN 2	Si	No	Si	No	Si	No	
	Proctor modificado							
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE 3</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	Estabilización							
	DIMENSIÓN 3	Si	No	Si	No	Si	No	
	Máxima densidad seca							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:      **Aplicable [ X ]**      **Aplicable después de corregir [ ]**      **No aplicable [ ]**

Apellidos y nombres del juez validador. Ing: Huaccoto Mayta Ruth Roxana ..... DNI: 71909779.....

Especialidad del validador:.....

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

23 de Noviembre del 2021

.....  
 RUTH ROXANA HUACCOTO MAYTA .....  
 Ingeniera Civil  
 CIP N° 266113      **Firma del Experto Informante.**

Anexo 4  
Ensayos de Laboratorio



**G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.**  
G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

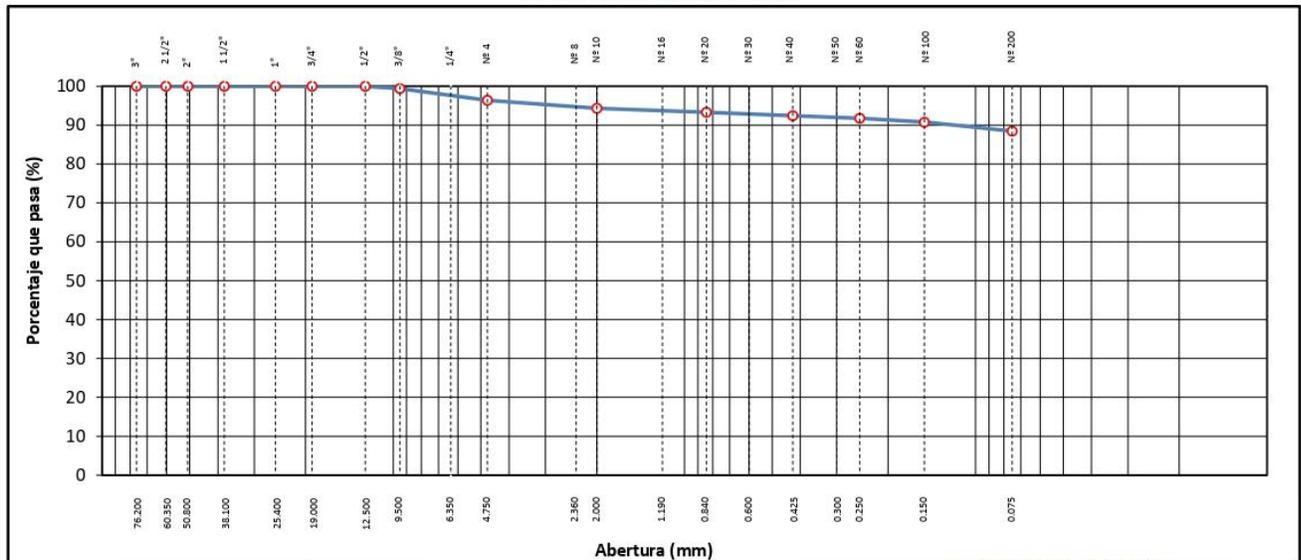
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-001-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ
<b>CALICATA</b>	: C - 01	QUISPE
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>TAMAÑO MÁXIMO</b> : 1/2 in.
<b>PROFUND.</b>	: 1.50 m.	<b>CLASIF. SUELOS</b> : A-4 (9)
		<b>COORDENADAS</b>
		<b>ESTE</b> :
		<b>NORTE</b> :
		<b>COTA</b> :

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 2382.00 gr.
6 in.	152.400						Masa Fracción : 250.09 gr.
5 in.	127.000						<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO</b>
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%) : 9.70
3 in.	76.200						TAMAÑO MÁXIMO : 1/2 in.
2 1/2 in.	60.350						Limite Líquido (LL): 28.00
2 in.	50.800						Limite Plástico (LP): 21.00
1 1/2 in.	38.100						Indice Plástico (IP): 7.00
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS) : CL
3/4 in.	19.000						Clasificación (AASHTO) : A-4 (9)
1/2 in.	12.500				100.00		Indice de Consistencia : 2.61
3/8 in.	9.500	14.07	0.59	0.59	99.41		<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b>
1/4 in.	6.350						Descripción ( AASHTO): REG-MALO
Nº 4	4.750	72.14	3.03	3.62	96.38		Descripción ( SUCS): Arcilla de baja plasticidad
Nº 8	2.360						Materia Orgánica :
Nº 10	2.000	49.11	2.06	5.68	94.32		Turba : --
Nº 16	1.190						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 20	0.840	23.96	1.01	6.69	93.31		<b>CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS</b>
Nº 30	0.600						Grava > 2" : 0.00
Nº 40	0.425	21.48	0.90	7.59	92.41		Grava 2" - Nº 4 : 3.62
Nº 50	0.300						Arena Nº 4 - Nº 200 : 7.90
Nº 60	0.250	15.70	0.66	8.25	91.75		Finos < Nº 200 : 88.48
Nº 100	0.150	23.32	0.98	9.23	90.77		%>3" : 0.0%
Nº 200	0.075	54.53	2.29	11.52	88.48		
< Nº 200	FONDO	2107.69	88.48	100.00			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



OBSERVACIONES:

INC. ALEX LUÍS GOMEZ CALLA LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

INC. ALEX LUÍS GOMEZ CALLA  
RUE DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. LCI MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
RMI: 67136316

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

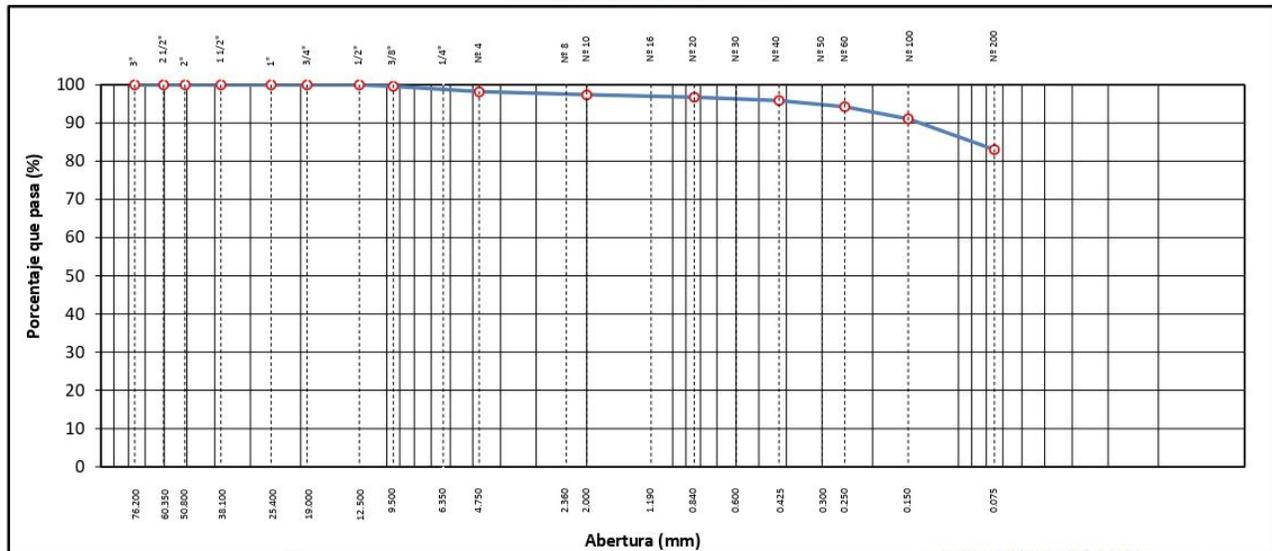
<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-002-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

**DATOS GENERALES**

<b>UBICACIÓN</b> : CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b> : SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ	<b>COORDENADAS</b>
<b>CALICATA</b> : C - 02	<b>QUISPE</b>	<b>ESTE</b> :
<b>MUESTRA</b> : M - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	<b>NORTE</b> :
<b>PROFUND.</b> : 1.50 m.	<b>CLASIF. SUELOS</b> : A-4 (9)	<b>COTA</b> :

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 2323.00 gr.
6 in.	152.400						Masa Fracción : 247.15 gr.
5 in.	127.000						<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO</b>
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%) : 9.70
3 in.	76.200						TAMAÑO MÁXIMO : 1/2 in.
2 1/2 in.	60.350						Límite Líquido (LL) : 32.00
2 in.	50.800						Límite Plástico (LP) : 22.00
1 1/2 in.	38.100						Índice Plástico (IP) : 10.00
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS) : CL
3/4 in.	19.000						Clasificación (AASHTO) : A-4 (9)
1/2 in.	12.500				100.00		Índice de Consistencia : 2.23
3/8 in.	9.500	8.65	0.37	0.37	99.63		<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b>
1/4 in.	6.350						Descripción (AASHTO) : REG-MALO
Nº 4	4.750	33.32	1.43	1.81	98.19		Descripción (SUCS) : Arcilla de baja plasticidad con arena
Nº 8	2.360						Materia Orgánica :
Nº 10	2.000	18.55	0.80	2.61	97.39		Turba : --
Nº 16	1.190						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 20	0.840	14.12	0.61	3.21	96.79		<b>CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS</b>
Nº 30	0.600						Grava > 2" : 0.00
Nº 40	0.425	20.77	0.89	4.11	95.89		Grava 2" - Nº 4 : 1.81
Nº 50	0.300						Arena Nº 4 - Nº 200 : 15.12
Nº 60	0.250	37.66	1.62	5.73	94.27		Finos < Nº 200 : 83.08
Nº 100	0.150	73.28	3.15	8.88	91.12		%>3" : 0.0%
Nº 200	0.075	186.80	8.04	16.92	83.08		
< Nº 200	FONDO	1929.85	83.08	100.00			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



OBSERVACIONES:

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

*[Signature]*  
 ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALIA  
 JEFE DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

*[Signature]*  
 Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 4711350

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

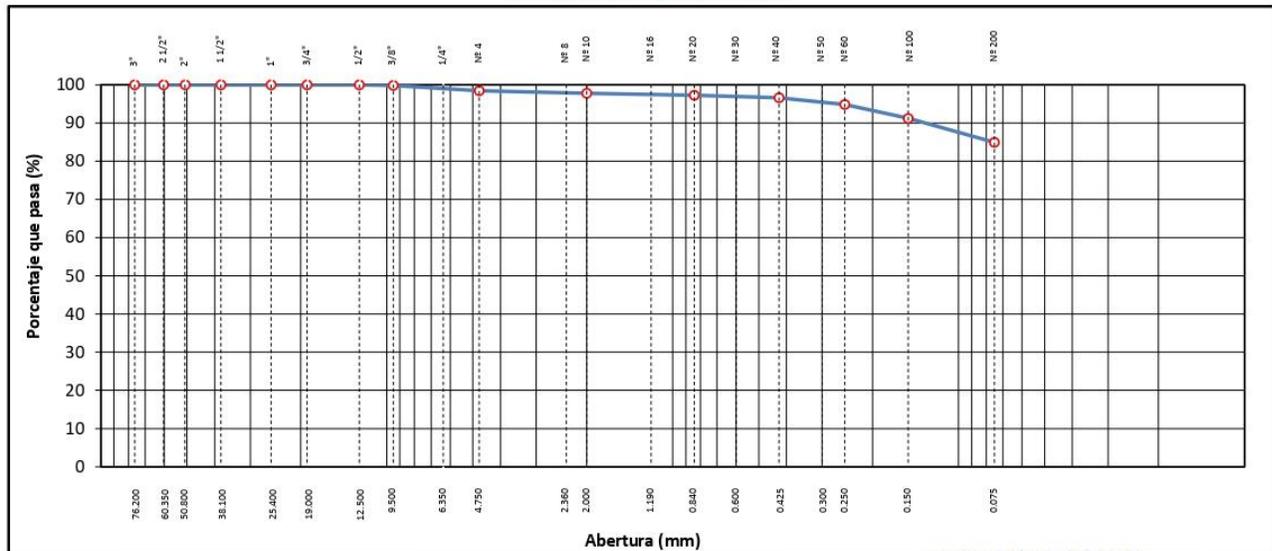
<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-003-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

**DATOS GENERALES**

<b>UBICACIÓN</b> : CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b> : SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ	<b>COORDENADAS</b>
<b>CALICATA</b> : C - 03	<b>QUISPE</b>	<b>ESTE</b> :
<b>MUESTRA</b> : M - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	<b>NORTE</b> :
<b>PROFUND.</b> : 1.55 m.	<b>CLASIF. SUELOS</b> : A-4 (9)	<b>COTA</b> :

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 2528.00 gr. Masa Fracción : 270.61 gr.
6 in.	152.400						
5 in.	127.000						<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO</b>
4 in.	101.600						
3 in.	76.200						Contenido de Humedad (%) : 18.30
2 1/2 in.	60.350						TAMAÑO MÁXIMO : 1/2 in.
2 in.	50.800						Límite Líquido (LL) : 30.00
1 1/2 in.	38.100						Límite Plástico (LP) : 21.00
1 in.	25.400						Índice Plástico (IP) : 9.00
3/4 in.	19.000						Clasificación (SUCS) : CL
1/2 in.	12.500				100.00		Clasificación (AASHTO) : A-4 (9)
3/8 in.	9.500	4.42	0.17	0.17	99.83		Índice de Consistencia : 1.30
1/4 in.	6.350						<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b>
Nº 4	4.750	34.06	1.35	1.52	98.48		Descripción ( AASHTO) : REG-MALO
Nº 8	2.360						Descripción ( SUCS) : Arcilla de baja plasticidad con arena
Nº 10	2.000	17.20	0.68	2.20	97.80		Materia Orgánica :
Nº 16	1.190						Turba : --
Nº 20	0.840	12.51	0.49	2.70	97.30		CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 30	0.600						<b>CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS</b>
Nº 40	0.425	17.48	0.69	3.39	96.61		Grava > 2" : 0.00
Nº 50	0.300						Grava 2" - Nº 4 : 1.52
Nº 60	0.250	44.99	1.78	5.17	94.83		Arena Nº 4 - Nº 200 : 13.53
Nº 100	0.150	90.98	3.60	8.77	91.23		Finos < Nº 200 : 84.94
Nº 200	0.075	158.97	6.29	15.06	84.94		%>3" : 0.0%
< Nº 200	FONDO	2147.38	84.94	100.00			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



OBSERVACIONES:

Las MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CP: 200176

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 47111350

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

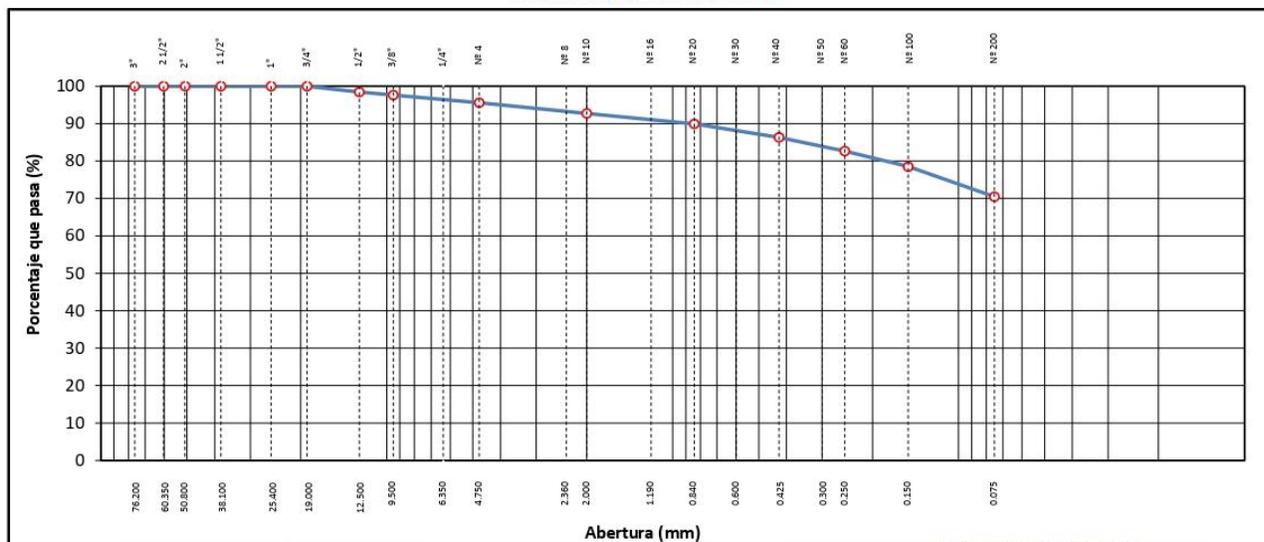
## STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-004-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>QUISPE</b>
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 3/4 in.
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m.	<b>CLASIF. SUELOS</b> : A-6 (11)
		<b>COORDENADAS</b>
		<b>ESTE</b> :
		<b>NORTE</b> :
		<b>COTA</b> :

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 2170.00 gr.
6 in.	152.400						Masa Fracción : 265.36 gr.
5 in.	127.000						<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO</b>
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%) : 8.30
3 in.	76.200						TAMAÑO MÁXIMO : 3/4 in.
2 1/2 in.	60.350						Límite Líquido (LL) : 40.00
2 in.	50.800						Límite Plástico (LP) : 21.00
1 1/2 in.	38.100						Índice Plástico (IP) : 19.00
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS) : CL
3/4 in.	19.000				100.00		Clasificación (AASHTO) : A-6 (11)
1/2 in.	12.500	32.93	1.52	1.52	98.48		Índice de Consistencia : 1.67
3/8 in.	9.500	18.41	0.85	2.37	97.63		<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b>
1/4 in.	6.350						Descripción ( AASHTO) : MALO
Nº 4	4.750	44.15	2.03	4.40	95.60		Descripción ( SUCS) : Arcilla de baja plasticidad con arena
Nº 8	2.360						Materia Orgánica :
Nº 10	2.000	62.07	2.86	7.26	92.74		Turba : --
Nº 16	1.190						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 20	0.840	61.13	2.82	10.08	89.92		<b>CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS</b>
Nº 30	0.600						Grava > 2" : 0.00
Nº 40	0.425	77.94	3.59	13.67	86.33		Grava 2" - Nº 4 : 4.40
Nº 50	0.300						Arena Nº4 - Nº 200 : 25.12
Nº 60	0.250	79.43	3.66	17.33	82.67		Finos < Nº 200 : 70.48
Nº 100	0.150	89.98	4.15	21.48	78.52		%>3" : 0.0%
Nº 200	0.075	174.57	8.04	29.52	70.48		
< Nº 200	FONDO	1529.38	70.48	100.00			

### CURVA GRANULOMÉTRICA



**OBSERVACIONES:**

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALIA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TECNICO ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 4718336

## LIMITE DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

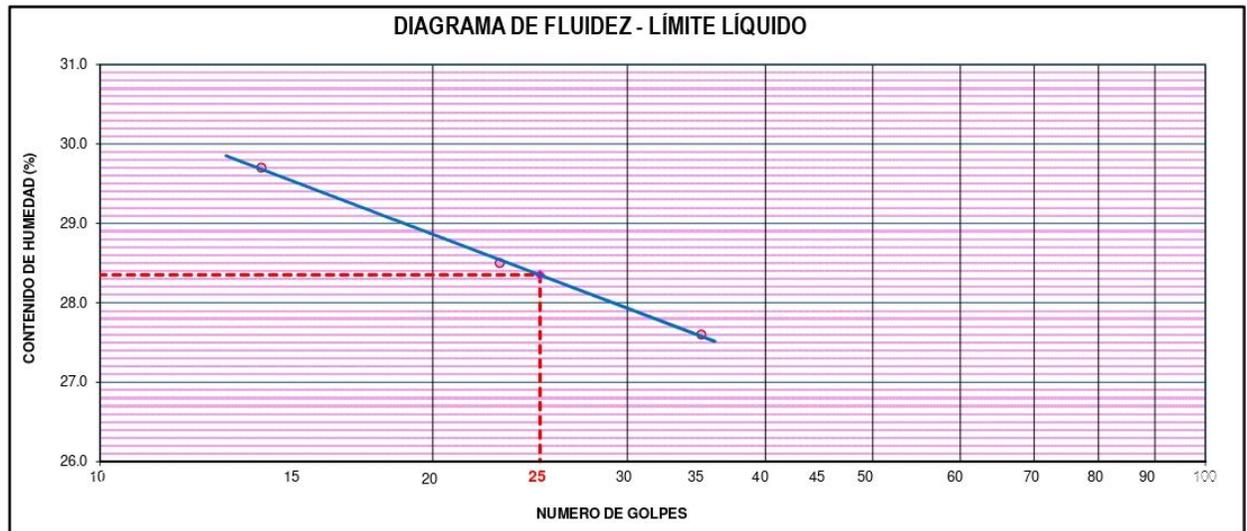
### STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-001-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDECENCIA</b>	: SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE	
<b>CALICATA</b>	: C - 01	<b>COORDENADAS</b>	
<b>MUESTRA</b>	: M - 01		<b>ESTE</b> :
<b>PROFUND.</b>	: 1.50 m		<b>NORTE</b> :
		<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	<b>COTA</b> :
		<b>CLASIF. SUELOS</b> : A-4 (9)	

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 01	LC - 02	LC - 03	
MASA DE LA TARA	[ g ]	45.84	45.92	45.91	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	58.87	58.81	61.62	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	55.89	55.95	58.22	
MASA DE AGUA	[ g ]	2.98	2.86	3.4	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	10.05	10.03	12.31	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>29.7</b>	<b>28.5</b>	<b>27.6</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>35</b>	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 04	LC - 05		
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.94	47.87		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	50.21	51.26		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	49.64	50.67		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.57	0.59		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.70	2.80		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>21.1</b>	<b>21.1</b>		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	28.00
LIMITE PLASTICO	21.00
INDICE DE PLASTICIDAD	7.00

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALIA  
REPRESENTANTE DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 200176

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DIN - 071838

## LIMITE DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

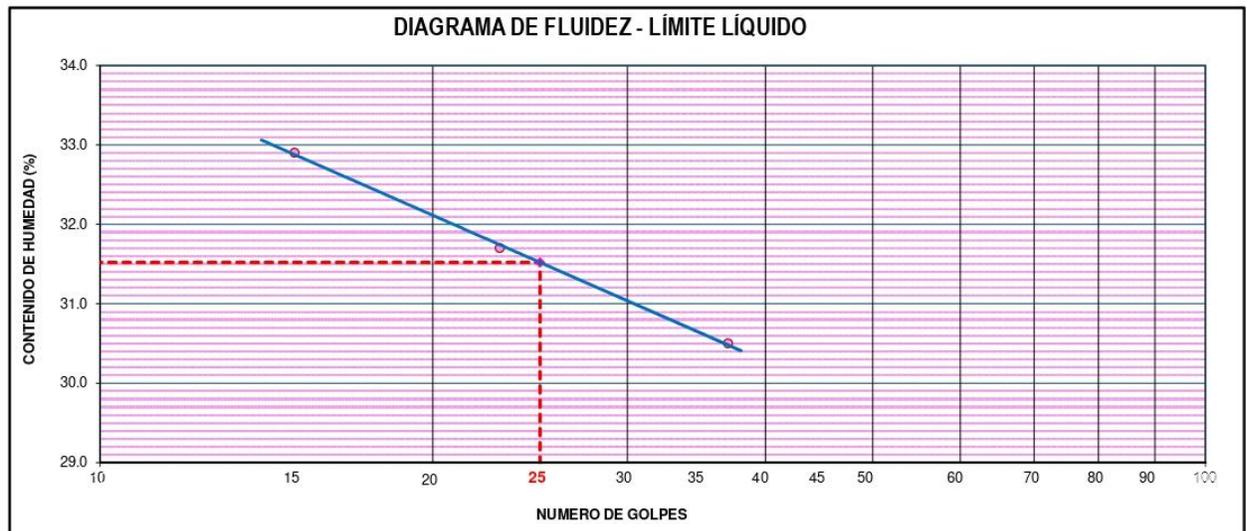
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-002-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 02	<b>COORDENADAS</b> ESTE : NORTE : COTA :
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	
<b>PROFUND.</b>	: 1.50 m	
	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	
	<b>CLASIF. SUELOS</b> : A-4 (9)	

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 06	LC - 07	LC - 08	
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.83	45.95	42.95	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	62.54	62.66	61.20	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	58.65	58.64	56.93	
MASA DE AGUA	[ g ]	3.89	4.02	4.27	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	11.82	12.69	13.98	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>32.9</b>	<b>31.7</b>	<b>30.5</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>37</b>	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 09	LC - 10		
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.39	49.02		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	49.60	51.90		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	49.02	51.37		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.58	0.53		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.63	2.35		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>22.1</b>	<b>22.6</b>		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	32.00
LIMITE PLASTICO	22.00
INDICE DE PLASTICIDAD	10.00

INGC ALEX LUIS GOMEZ CALLE  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO. G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
 OIR: 6733038

## LIMITE DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

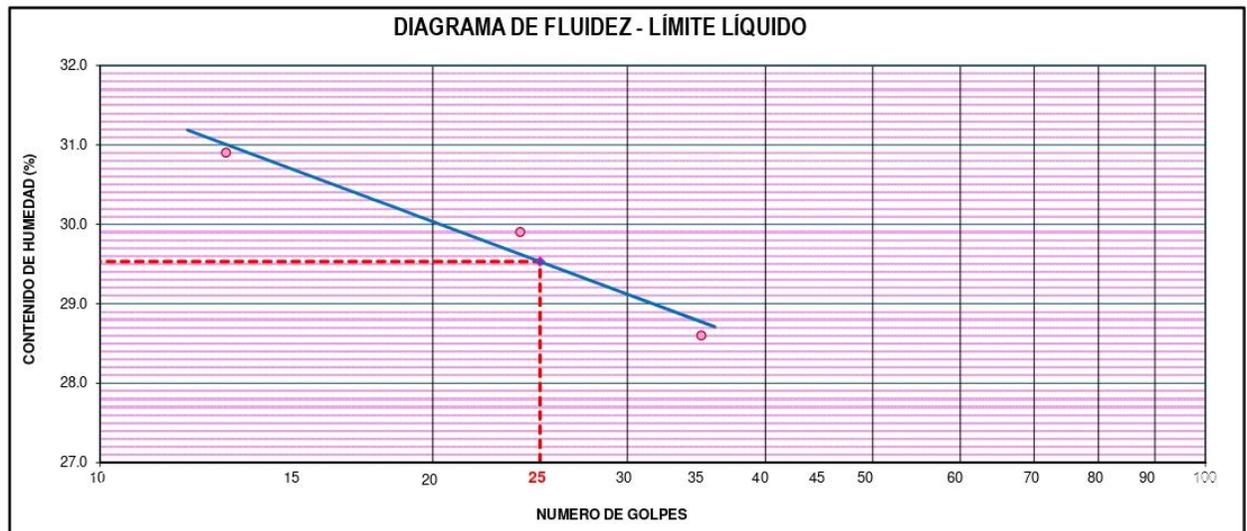
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-003-G&C <b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021
--------------	---	---

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 03		
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 1/2 in.
<b>PROFUND.</b>	: 1.55 m	<b>CLASIF. SUELOS</b>	: A-4 (9)
		<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 11	LC - 12	LC - 13	
MASA DE LA TARA	[ g ]	45.79	48.08	34.45	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	64.65	62.60	50.99	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	60.20	59.26	47.31	
MASA DE AGUA	[ g ]	4.45	3.34	3.68	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	14.41	11.18	12.86	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>30.9</b>	<b>29.9</b>	<b>28.6</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>13</b>	<b>24</b>	<b>35</b>	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 14	LC - 15		
MASA DE LA TARA	[ g ]	45.56	46.74		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	48.45	50.10		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	47.94	49.52		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.51	0.58		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.38	2.78		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>21.4</b>	<b>20.9</b>		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	30.00
LIMITE PLASTICO	21.00
INDICE DE PLASTICIDAD	9.00

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO. <small>G&amp;C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.</small>

Bach. I. C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 42130391

## LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

### STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-004-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

#### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>ESTE</b> :
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m	<b>NORTE</b> :
	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 3/4 in.	<b>COTA</b> :
	<b>CLASIF. SUELOS</b> : A-6 (11)	

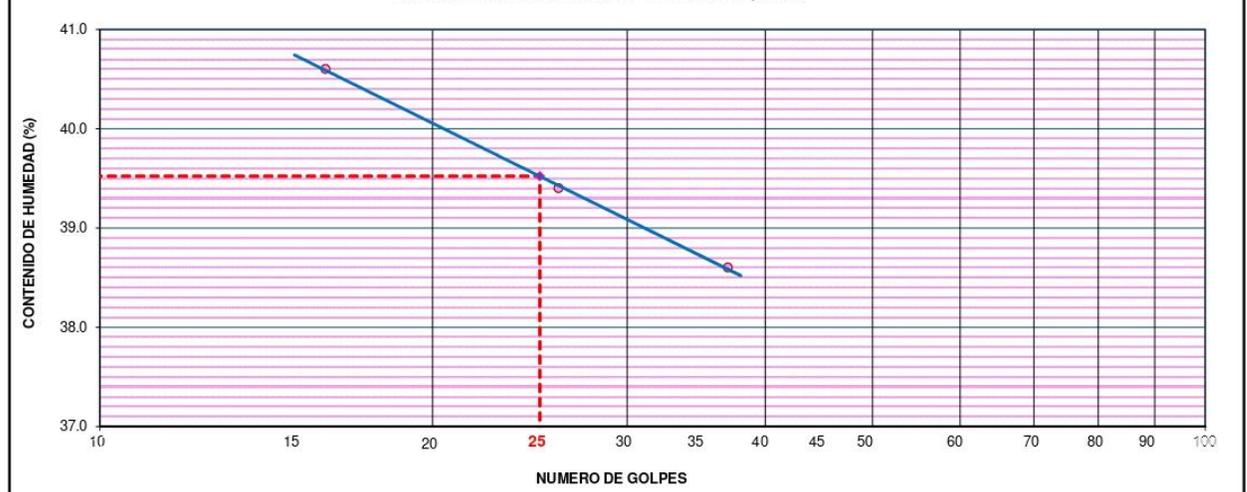
#### LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Nro. DE TARA	n°	LC - 16	LC - 17	LC - 18
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.18	46.11	45.5
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	60.80	62.52	60.59
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	56.58	57.88	56.39
MASA DE AGUA	[ g ]	4.22	4.64	4.2
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	10.4	11.77	10.89
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>40.6</b>	<b>39.4</b>	<b>38.6</b>
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>37</b>

#### LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Nro. DE TARA		LC - 19	LC - 20
MASA DE LA TARA	[ g ]	45.66	45.47
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	49.04	48.51
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	48.44	47.98
MASA DE AGUA	[ g ]	0.60	0.53
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.78	2.51
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>21.6</b>	<b>21.1</b>

#### DIAGRAMA DE FLUIDEZ - LÍMITE LÍQUIDO



#### CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

<b>LIMITE LIQUIDO</b>	40.00
<b>LIMITE PLASTICO</b>	21.00
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	19.00

*[Signature]*  
ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
EES DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

#### OBSERVACIONES

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

*[Signature]*  
Bach. L.C. MARY CARMEN YAÑA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
ONI - 4023038



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)**

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b>	: T_UCV-OVQ-11/21-001-G&C
		<b>Fecha</b>	: 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 01		
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 1/2 in.
<b>PROFUND.</b>	: 1.50 m	<b>CLASIF. SUELOS</b>	: A-4 (9)
		<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 01	CH - 02	CH - 03
Masa Tara	[ g ]	70.72	72.20	78.94
Masa Tara + Suelo Humedo	[ g ]	432.93	369.83	327.39
Masa Tara + Suelo Seco	[ g ]	400.69	344.83	304.66
Masa Agua	[ g ]	32.24	25.00	22.73
Masa Suelo Seco	[ g ]	329.97	272.63	225.72
Contenido de Humedad	[ g ]	9.77	9.17	10.07
<b>PROMEDIO</b>	<b>(%)</b>	<b>9.7</b>		

**Observaciones:**

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
Jefe del Laboratorio de Investigación y Ensayo de Materiales  
CIP: 209176

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDOOBY  
Técnico Especialista de Laboratorio de Investigación y Ensayo de Materiales  
DNI: 87136310

## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)**

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b>	: T_UCV-0VQ-11/21-002-G&C
		<b>Fecha</b>	: 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES					
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO				
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE		
<b>CALICATA</b>	: C - 02	<b>COORDENADAS</b>			
<b>MUESTRA</b>	: M - 01			<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 1/2 in.
<b>PROFUND.</b>	: 1.50 m			<b>CLASIF. SUELOS</b>	: A-4 (9)
		<b>ESTE</b>	:		
		<b>NORTE</b>	:		
		<b>COTA</b>	:		

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 04	CH - 05	CH - 06
Masa Tara	[ g ]	71.43	72.05	74.93
Masa Tara + Suelo Humedo	[ g ]	316.32	327.12	374.68
Masa Tara + Suelo Seco	[ g ]	294.41	303.66	349.36
Masa Agua	[ g ]	21.91	23.46	25.32
Masa Suelo Seco	[ g ]	222.98	231.61	274.43
Contenido de Humedad	[ g ]	9.83	10.13	9.23
<b>PROMEDIO</b>	<b>(%)</b>	<b>9.7</b>		

**Observaciones:**

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)**

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b>	: T_UCV-0VQ-11/21-003-G&C
		<b>Fecha</b>	: 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES					
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO				
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE		
<b>CALICATA</b>	: C - 03	<b>COORDENADAS</b>			
<b>MUESTRA</b>	: M - 01			<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 1/2 in.
<b>PROFUND.</b>	: 1.55 m			<b>CLASIF. SUELOS</b>	: A-4 (9)
		<b>ESTE</b>	:		
		<b>NORTE</b>	:		
		<b>COTA</b>	:		

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 07	CH - 08	CH - 09
Masa Tara	[ g ]	69.50	76.94	68.92
Masa Tara + Suelo Humedo	[ g ]	351.10	393.35	345.13
Masa Tara + Suelo Seco	[ g ]	307.76	343.98	302.62
Masa Agua	[ g ]	43.34	49.37	42.51
Masa Suelo Seco	[ g ]	238.26	267.04	233.70
Contenido de Humedad	[ g ]	18.19	18.49	18.19
<b>PROMEDIO</b>	(%)	<b>18.3</b>		

**Observaciones:**

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

-----  
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
J.M.C. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEF. DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
CP: 209176

-----  
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
Lic. LC MARY CARMEN VANIA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DM: 0730310



## **CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)**

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b>	: T_UCV-OVQ-11/21-004-G&C
		<b>Fecha</b>	: 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>	
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 3/4 in.
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m	<b>CLASIF. SUELOS</b>	: A-6 (11)
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 10	CH - 11	CH - 12
Masa Tara	[ g ]	76.71	72.05	75.59
Masa Tara + Suelo Humedo	[ g ]	424.03	408.41	410.51
Masa Tara + Suelo Seco	[ g ]	396.53	382.63	385.70
Masa Agua	[ g ]	27.50	25.78	24.81
Masa Suelo Seco	[ g ]	319.82	310.58	310.11
Contenido de Humedad	[ g ]	8.60	8.30	8.00
<b>PROMEDIO</b>	(%)	<b>8.3</b>		

**Observaciones:**

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209376

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
  
 Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 4130330

# RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE : INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-004-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUBRASANTE NAT.	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>QUISPE</b>
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 3/4 in.
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m.	<b>CLASIF. SUELOS</b> : A-6 (11)
		<b>COORDENADAS</b>
		<b>ESTE</b> :
		<b>NORTE</b> :
		<b>COTA</b> :

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: CL	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b>	: METODO DE ENSAYO Método "A"
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-6 (11)	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b>	: 2.37 % No DE CAPAS 05
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Arcilla de baja plasticidad con arena	<b>% Ret. Tamiz N°4:</b>	: 4.40 % GOLPES POR CAPA 56

EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	: X - 07	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 935 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	: 3,618 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	[ g ]	5636	5689	5651	5555
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	3618	3618	3618	3618
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2018	2071	2033	1937
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.159	2.216	2.175	2.072

Capsula No	No	TP-01	TP-02	TP-03	TP-04
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	89.08	81.65	89.03	90.49
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	[ g ]	362.67	245.68	248.59	390.63
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	336.19	227.70	227.97	348.27
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	26.48	17.98	20.62	42.36
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	247.11	146.05	138.94	257.78
<b>Humedad (%)</b>	%	10.72%	12.31%	14.84%	16.43%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	10.72%	12.31%	14.84%	16.43%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.950	1.973	1.894	1.780
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	19.12	19.35	18.57	17.45

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo

<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.976 gr/cc	: 19.380 kN/m <sup>3</sup>
<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 12.00 %	: 12.00 %



OBSERVACIONES

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
 JEFE DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 ONI: 8713038

## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

### STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

<b>TESTES</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	Registro N° : T_UCV-OVQ-11/21-004-G&C	Fecha : 26 de Noviembre del 2021
---------------	---	---------------------------------------	----------------------------------

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO			
PROCEDENCIA : SUBRASANTE NAT.	SOLICITANTE : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE		COORDENADAS
CALICATA : C - 04			ESTE :
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 3/4 in.	NORTE :	
PROFUND. : 1.60 m.	CLASIF. SUELOS : A-6 (11)	COTA :	

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS) : CL	METODO DE ENSAYO : Método "A"	TIEMPO DE INMERSIÓN : 4 Días (96 Horas)	
CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-6 (11)	PESO UNITARIO SECO : 19.38 kN/m <sup>3</sup>	TIPO DE MARTILLO : Manual	
DESCRIPCIÓN (SUCS) : Arcilla de baja plasticidad con arena	HUMEDAD ÓPTIMA : 12.00 %	MET. DE PREPARACIÓN : Húmedo	

MOLDE No	COD.	A-13		A-11		Q-1	
NUMERO DE CAPAS	n°	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56		25		12	
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1		1		1	
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1		1		1	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	[ g ]	12793	12906	12245	12402	11021	11229
Masa del Molde	[ g ]	8098	8098	7760	7760	6798	6798
Masa del Suelo Humedo	[ g ]	4695	4808	4485	4642	4223	4431
Volumen del Suelo	cm <sup>3</sup>	2121	2121	2132	2132	2117	2117
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.214	2.267	2.104	2.177	1.995	2.093
Capsula No	No	PC - 1	PC - 2	PC - 3	PC - 4	PC - 5	PC - 6
Masa de la Capsula	[ g ]	83.95	83.99	85.17	84.75	83.54	81.81
Suelo Humedo + Capsula	[ g ]	554.47	487.05	563.98	534.43	499.81	604.78
Masa del Suelo Seco + Capsula	[ g ]	504.13	438.30	512.60	473.04	455.34	526.89
Masa del Agua	[ g ]	50.34	48.75	51.38	61.39	44.47	77.89
Masa del Suelo Seco	[ g ]	420.18	354.31	427.43	388.29	371.80	445.08
% de Humedad	%	11.98%	13.76%	12.02%	15.81%	11.96%	17.50%
Promedio de Humedad	%	11.98%	13.76%	12.02%	15.81%	11.96%	17.50%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	1.977	1.993	1.878	1.880	1.782	1.781
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	19.385	19.541	18.416	18.437	17.472	17.469

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	460.00	0.00	0.00	422.00	0.00	0.00	339.00	0.00	0.00
		24:00:00	479.00	0.48	0.38	452.50	0.77	0.61	385.50	1.18	0.93
		48:00:00	493.00	0.84	0.66	462.00	1.02	0.80	394.50	1.41	1.11
		72:00:00	499.00	0.99	0.78	472.00	1.27	1.00	411.50	1.84	1.45
		96:00:00	501.00	1.04	0.82	480.00	1.47	1.16	432.50	2.37	1.87

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm <sup>2</sup> / Mpa	MOLDE No A-13				MOLDE No A-11				MOLDE No Q-1			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30	18.3	0.95	0.09		13.4	0.69	0.07		6.0	0.31	0.03		
1.27	0.050	01:00	30.0	1.55	0.15		24.4	1.26	0.12		12.0	0.62	0.06		
1.90	0.075	01:30	70.31 / 6.9	44.5	2.30	0.23	32.0	1.65	0.16		17.0	0.88	0.09		
2.54	0.100	02:00		53.2	2.75	0.27	3.91	40.5	2.09	0.21	2.90	21.5	1.11	0.11	1.59
3.17	0.125	02:30	64.5	3.33	0.33		50.0	2.58	0.25		25.5	1.32	0.13		
3.81	0.150	03:00	73.0	3.77	0.37		56.8	2.94	0.29		30.5	1.58	0.15		
5.08	0.200	04:00	105.46 / 10.35	86.0	4.44	0.44	4.15	68.3	3.53	0.35	3.29	39.5	2.04	0.20	1.93
6.35	0.250	05:00		102.4	5.29	0.52		82.0	4.24	0.42		46.5	2.40	0.24	
7.62	0.300	06:00	115.7	5.98	0.59		93.7	4.84	0.47		51.0	2.64	0.26		
8.89	0.350	07:00	129.1	6.67	0.65		104.4	5.40	0.53		54.5	2.82	0.28		
10.16	0.400	08:00	139.2	7.19	0.71		113.9	5.89	0.58		60.0	3.10	0.30		
11.43	0.450	09:00	148.5	7.67	0.75		122.1	6.31	0.62		65.0	3.36	0.33		
12.70	0.500	10:00	162.7	8.41	0.82		130.3	6.73	0.66		66.3	3.43	0.34		

OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.  
 Plomero de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S"  
 Certificado N° MT-LL-026-2020/R3288; Certificado N° MT-LF-240-2020/G&C1003

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

BACH. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE  
 TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
 ONI: 4075030



**G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.**

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

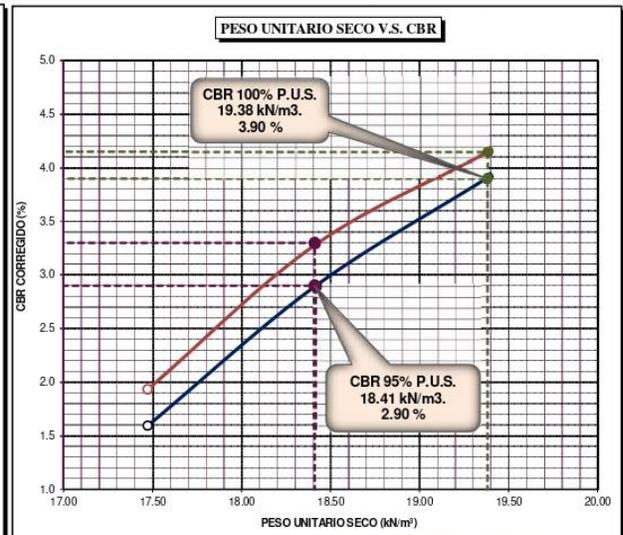
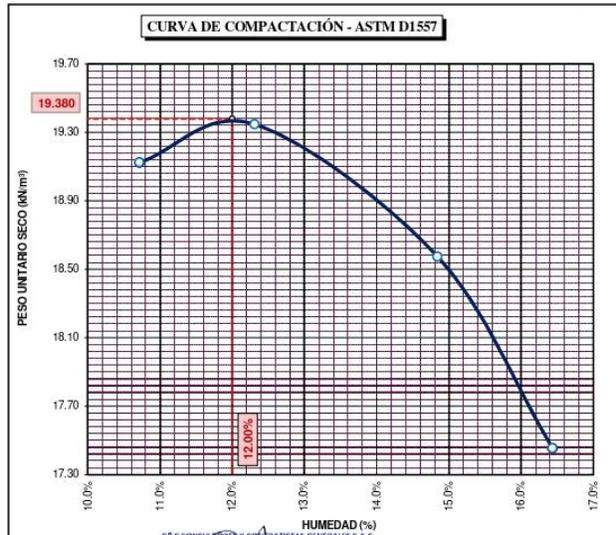
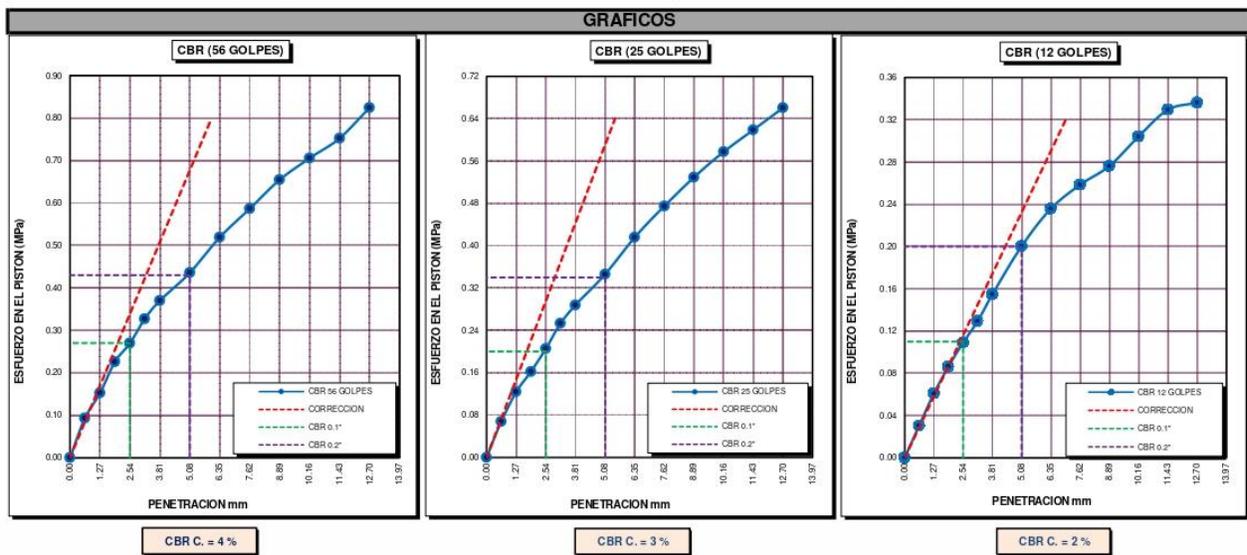
STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 16)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	Registro N°	: T_UCV-OVQ-11/21-004-G&C
		Fecha	: 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE NAT.	SOLICITANTE	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
CALICATA	: C - 04	COORDENADAS	
MUESTRA	: M - 01		
PROFUND.	: 1.60 m	TAMANO MÁXIMO	: 3/4 in.
		CLASIF. SUELOS	: A-6 (11)
		ESTE	:
		NORTE	:
		COTA	:

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	NORMA	: ASTM D-1557-12e1
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (11)	METODO DE ENSAYO	: Método "A"
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de baja plasticidad con arena	TIEMPO DE INMERSIÓN	: 4 Días (96 Horas)
		PESO UNITARIO SECO	: 19.38 kN/m <sup>3</sup>
		PESO UNITARIO SECO AL 95%	: 18.41 kN/m <sup>3</sup>
		HUMEDAD ÓPTIMA	: 12.00 %

CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"	%	3.90 %	CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"	%	4.15 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"	%	2.90 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"	%	3.30 %



**OBSERVACIONES**

Las MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Certificado N° MT-LL-026-2020/R3288; Certificado N° MT-LF-240-2020/G&C01003

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E ENSAYOS DE MATERIALES  
 CIP: 209176

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 4713036

## LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

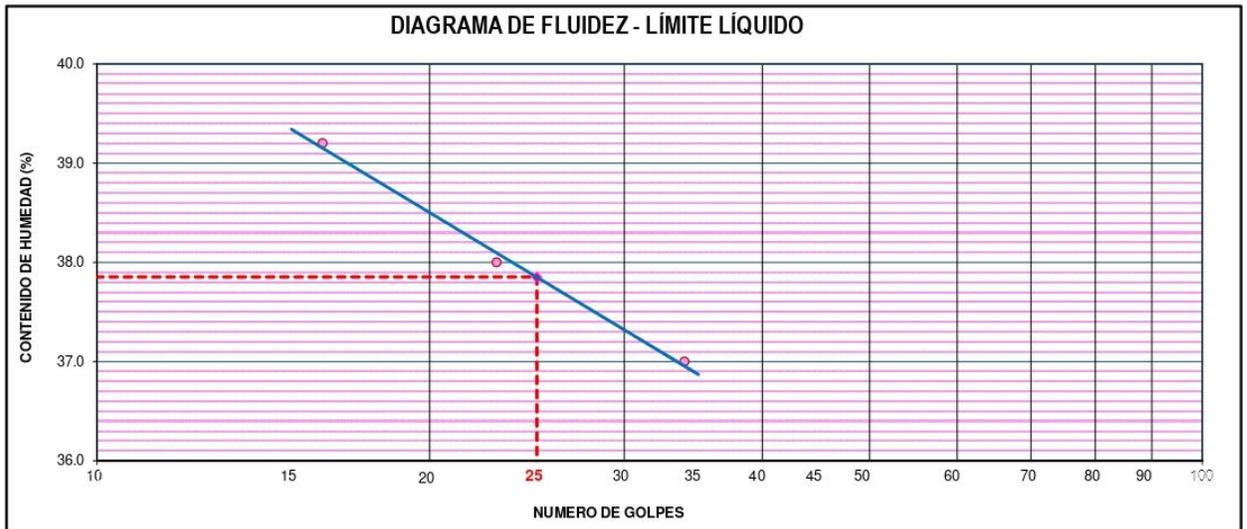
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-005-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>ESTABILIZACION</b>	: QUIMICA CON CAL
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>PROPORCION</b>	: SUELO PATRON + 2% CAL
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m	<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 21	LC - 22	LC - 23	
MASA DE LA TARA	[ g ]	47.34	43.07	48.17	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	61.73	60.48	68.39	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	57.68	55.69	62.93	
MASA DE AGUA	[ g ]	4.05	4.79	5.46	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	10.34	12.62	14.76	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>39.2</b>	<b>38.0</b>	<b>37.0</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>34</b>	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 24	LC - 25		
MASA DE LA TARA	[ g ]	45.8	42.39		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	49.51	45.82		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	48.79	45.17		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.72	0.65		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.99	2.78		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>24.1</b>	<b>23.4</b>		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	38.00
LIMITE PLASTICO	24.00
INDICE DE PLASTICIDAD	14.00

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 4719338

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.   ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES CIP: 209175

## LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

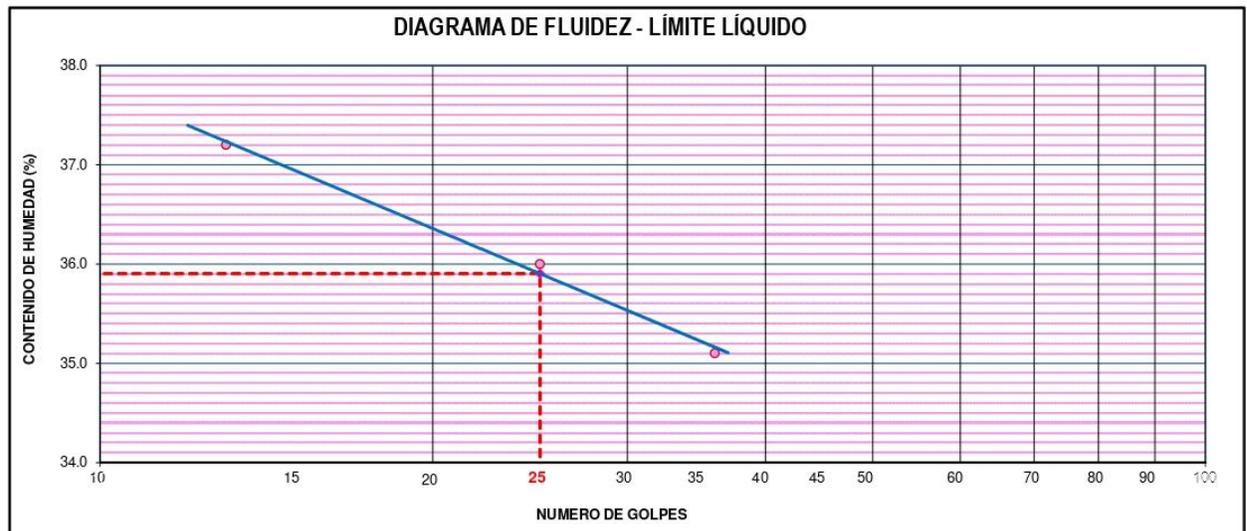
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-006-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>ESTABILIZACION</b>	: QUIMICA CON CAL
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>PROPORCION</b>	: <b>SUELO PATRON + 4% CAL</b>
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m	<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 26	LC - 27	LC - 28	
MASA DE LA TARA	[ g ]	48.66	46.09	46.45	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	65.22	62.33	66.42	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	60.73	58.03	61.23	
MASA DE AGUA	[ g ]	4.49	4.30	5.19	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	12.07	11.94	14.78	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>37.2</b>	<b>36.0</b>	<b>35.1</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>13</b>	<b>25</b>	<b>36</b>	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 29	LC - 30		
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.52	46.61		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	49.72	49.49		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	49.10	48.95		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.62	0.54		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.58	2.34		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>24.0</b>	<b>23.1</b>		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	36.00
<b>LIMITE PLASTICO</b>	24.00
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	12.00

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

## LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-007-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>ESTABILIZACION</b>	: QUIMICA CON CAL
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>PROPORCION</b>	: SUELO PATRON + 6% CAL
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m	<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

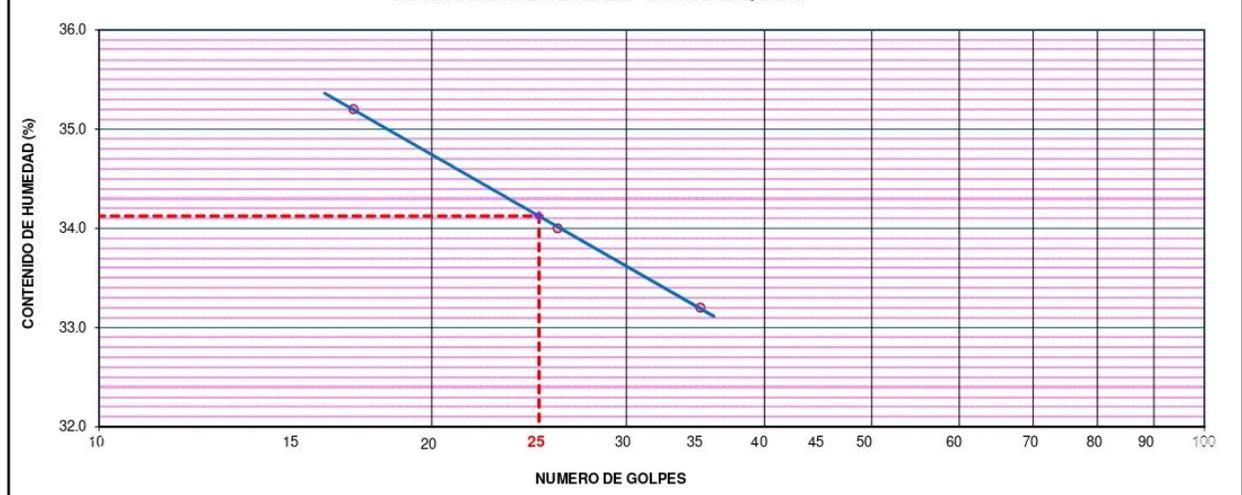
### LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Nro. DE TARA	n°	LC - 31	LC - 32	LC - 33
MASA DE LA TARA	[ g ]	47.18	46.82	48.69
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	63.92	62.95	68.43
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	59.56	58.86	63.51
MASA DE AGUA	[ g ]	4.36	4.09	4.92
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	12.38	12.04	14.82
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>(%)</b>	<b>35.2</b>	<b>34.0</b>	<b>33.2</b>
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	<b>n°</b>	<b>17</b>	<b>26</b>	<b>35</b>

### LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Nro. DE TARA		LC - 34	LC - 35
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.46	46.24
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	49.68	50.01
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	49.05	49.27
MASA DE AGUA	[ g ]	0.63	0.74
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.59	3.03
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	<b>(%)</b>	<b>24.3</b>	<b>24.4</b>

### DIAGRAMA DE FLUIDEZ - LIMITE LIQUIDO



### CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

<b>LIMITE LIQUIDO</b>	34.00
<b>LIMITE PLASTICO</b>	24.00
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	10.00

*Mary*  
Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORI  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI - 47131318

### OBSERVACIONES

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

*Alex*  
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
SITE DE INVESTIGACION DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

# RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE : INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-005-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b> :	Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ
<b>CALICATA</b>	: C - 04		QUISPE
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>ESTABILIZACION</b> :	QUIMICA CON CAL
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m.	<b>PROPORCION</b> :	SUELO PATRON + 2% CAL
		<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

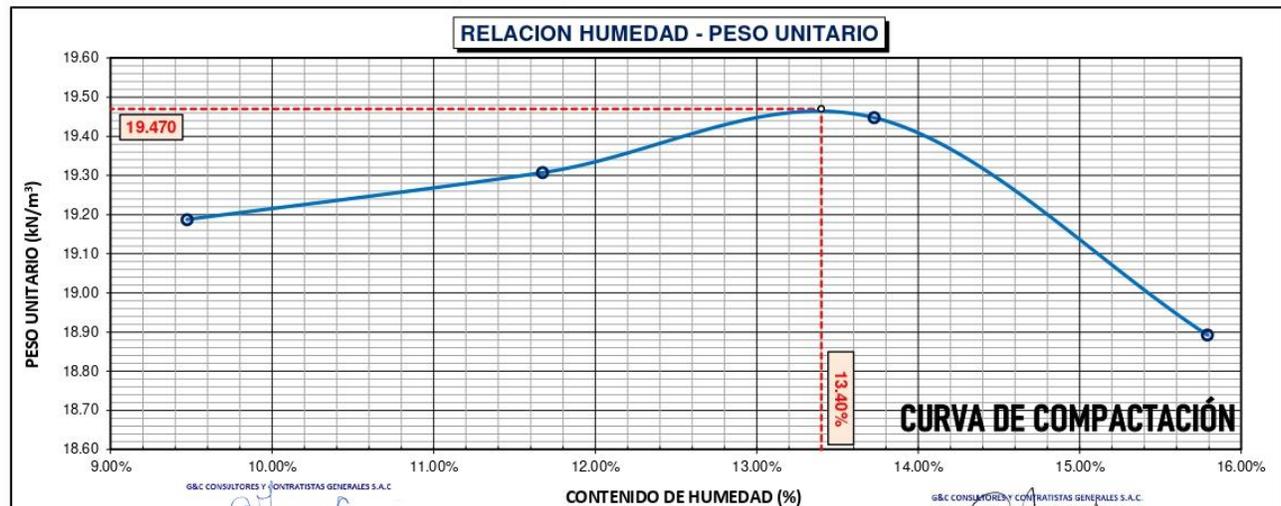
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b>	
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b>	: 2.37 %
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz N°4</b>	: 4.40 %
		<b>METODO DE ENSAYO</b>	Método "A"
		<b>No DE CAPAS</b>	05
		<b>GOLPES POR CAPA</b>	56

EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	X - 07	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	935 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	3,618 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	[ g ]	5620	5673	5726	5703
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	3618	3618	3618	3618
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2002	2055	2108	2085
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.142	2.199	2.255	2.231

Capsula No	No	TP-05	TP-06	TP-07	TP-08
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	27.42	26.94	27.64	27.20
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	[ g ]	106.92	111.12	113.47	127.88
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	100.04	102.32	103.11	114.15
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	6.88	8.80	10.36	13.73
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	72.62	75.38	75.47	86.95
<b>Humedad (%)</b>	%	9.47%	11.67%	13.73%	15.79%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	9.47%	11.67%	13.73%	15.79%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.957	1.969	1.983	1.927
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	19.19	19.31	19.45	18.89

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	: ASTM D-1557-12e1	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	1.985 gr/cc	19.470 kN/m <sup>3</sup>
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo	<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	13.40 %	13.40 %



**OBSERVACIONES** LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

# RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE : INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-006-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b> :	Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ
<b>CALICATA</b>	: C - 04		QUISPE
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>ESTABILIZACION</b> :	QUIMICA CON CAL
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m.	<b>PROPORCION</b> :	SUELO PATRON + 4% CAL
		<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

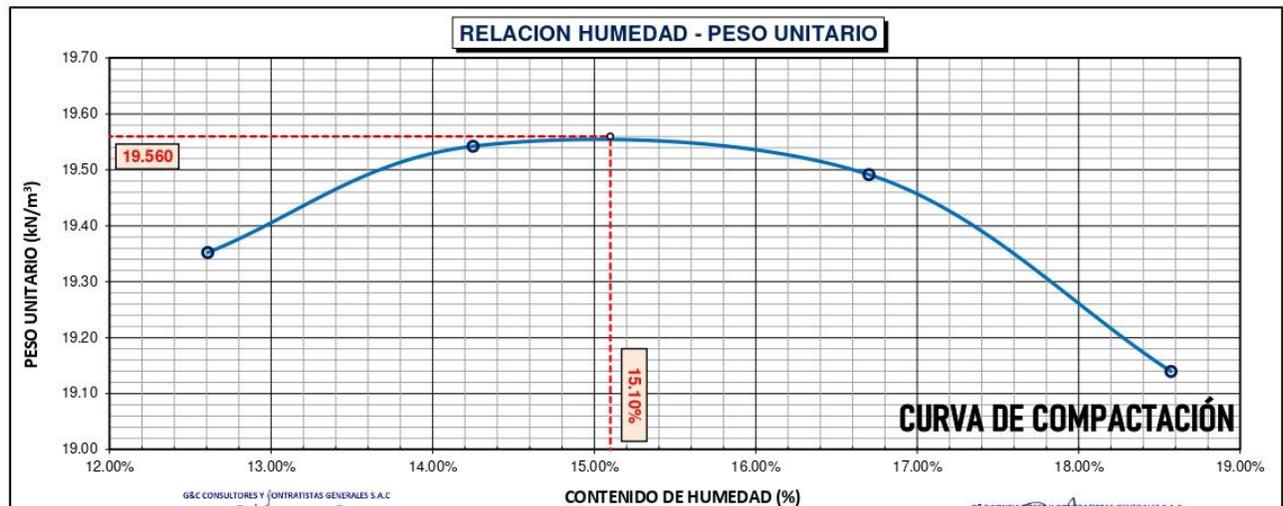
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b>	Método "A"
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b>	2.37 %
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz N°4:</b>	4.40 %
		<b>METODO DE ENSAYO</b>	Método "A"
		<b>No DE CAPAS</b>	05
		<b>GOLPES POR CAPA</b>	56

EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	X - 07	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	935 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	3,618 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	[ g ]	5695	5746	5786	5781
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	3618	3618	3618	3618
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2077	2128	2168	2163
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.222	2.277	2.320	2.314

Capsula No	No	TP-09	TP-10	TP-11	TP-12
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	57.73	60.46	57.38	57.88
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	[ g ]	375.95	331.22	437.22	324.63
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	340.32	297.45	382.86	282.85
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	35.63	33.77	54.36	41.78
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	282.59	236.99	325.48	224.97
<b>Humedad (%)</b>	%	12.61%	14.25%	16.70%	18.57%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	12.61%	14.25%	16.70%	18.57%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.973	1.993	1.988	1.952
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	19.35	19.54	19.49	19.14

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	: ASTM D-1557-12e1	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	1.995 gr/cc	19.560 kN/m <sup>3</sup>
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo	<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	15.10 %	15.10 %



**OBSERVACIONES**

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

# RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE : INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-007-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ
<b>CALICATA</b>	: C - 04		: QUISPE
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>ESTABILIZACIÓN</b>	: QUIMICA CON CAL
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m.	<b>PROPORCIÓN</b>	: <b>SUELO PATRON + 6% CAL</b>
		<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b>	: Método "A"
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b>	: 2.37 %
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz N°4:</b>	: 4.40 %
		<b>METODO DE ENSAYO</b>	: 05
		<b>No DE CAPAS</b>	: 56
		<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56

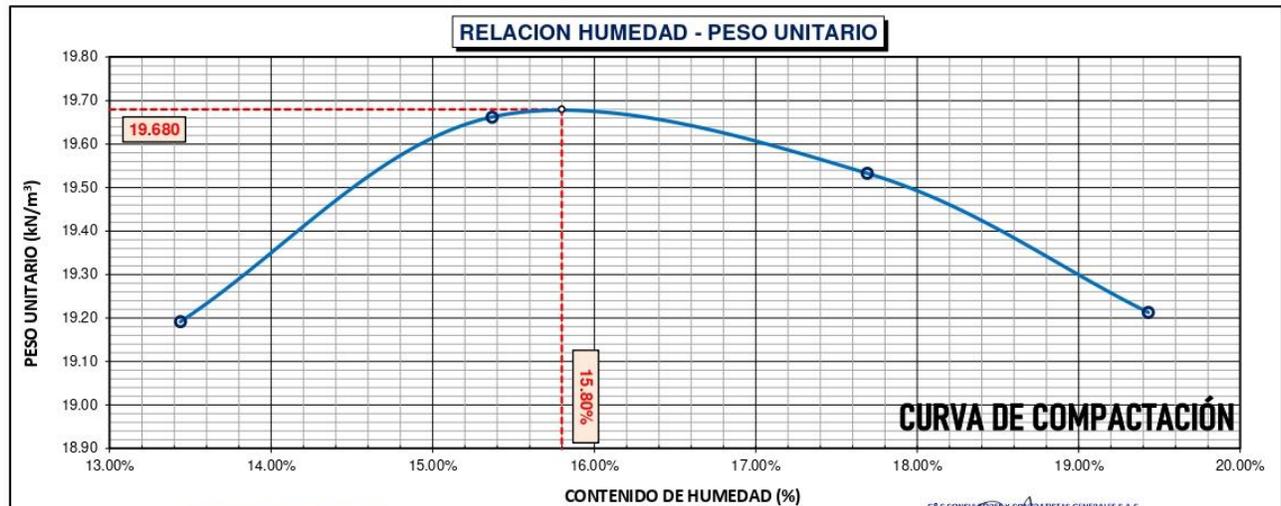
EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	: X - 07	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 935 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	: 3,618 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	[ g ]	5693	5780	5809	5805
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	3618	3618	3618	3618
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2075	2162	2191	2187
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.220	2.313	2.344	2.340

Capsula No	No	TP-13	TP-14	TP-15	TP-16
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	61.15	60.30	58.22	57.79
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	[ g ]	349.92	375.20	406.35	365.86
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	315.71	333.25	354.02	315.74
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	34.21	41.95	52.33	50.12
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	254.56	272.95	295.80	257.95
<b>Humedad (%)</b>	%	13.44%	15.37%	17.69%	19.43%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	13.44%	15.37%	17.69%	19.43%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.957	2.005	1.992	1.959
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	19.19	19.66	19.53	19.21

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo

<b>PESO UNITARIO SECO</b>	2.007	gr/cc	19.680	kN/m <sup>3</sup>
<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	15.80	%	15.80	%



**OBSERVACIONES**

Las MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

### STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

<b>TESTES</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	Registro N° : T_UCV-OVQ-11/21-005-G&C	Fecha : 26 de Noviembre del 2021
---------------	---	---------------------------------------	----------------------------------

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO			
PROCEDENCIA : EXPERIMENTO	SOLICITANTE : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE		COORDENADAS
CALICATA : C - 04	ESTABILIZACION : QUIMICA CON CAL		ESTE :
MUESTRA : M - 01	PROPORCION : <b>SUELO PATRON + 2% CAL</b>		NORTE :
PROFUND. : 1.60 m.			COTA :

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO			
CLASIFICACIÓN (SUCS) :	-	METODO DE ENSAYO :	Método "A"	TIEMPO DE INMERSIÓN :	4 Días (96 Horas)
CLASIFICACIÓN (AASHTO) :	-	PESO UNITARIO SECO :	19.47 kN/m <sup>3</sup>	TIPO DE MARTILLO :	Manual
DESCRIPCIÓN (SUCS) :	-	HUMEDAD ÓPTIMA :	13.40 %	MET. DE PREPARACIÓN :	Húmedo

MOLDE No	COD.	A-4		N-3		Q-2	
NUMERO DE CAPAS	n°	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56		25		12	
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1		1		1	
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1		1		1	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	[ g ]	12290	12387	12238	12395	11037	11244
Masa del Molde	[ g ]	7496	7496	7698	7698	6755	6755
Masa del Suelo Humedo	[ g ]	4794	4891	4540	4697	4282	4489
Volumen del Suelo	cm <sup>3</sup>	2127	2127	2122	2122	2115	2115
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.254	2.299	2.139	2.213	2.025	2.122
Capsula No	No	PC - 7	PC - 8	PC - 9	PC - 10	PC - 11	PC - 12
Masa de la Capsula	[ g ]	82.69	83.52	81.80	83.86	85.93	84.79
Suelo Humedo + Capsula	[ g ]	478.13	497.74	568.83	547.37	506.98	493.43
Masa del Suelo Seco + Capsula	[ g ]	431.25	442.93	510.98	478.91	457.16	428.13
Masa del Agua	[ g ]	46.88	54.81	57.85	68.46	49.82	65.30
Masa del Suelo Seco	[ g ]	348.56	359.41	429.18	395.05	371.23	343.34
% de Humedad	%	13.45%	15.25%	13.48%	17.33%	13.42%	19.02%
Promedio de Humedad	%	13.45%	15.25%	13.48%	17.33%	13.42%	19.02%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	1.987	1.995	1.885	1.887	1.785	1.783
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	19.483	19.566	18.489	18.501	17.505	17.488

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	460.00	0.00	0.00	162.50	0.00	0.00	166.00	0.00	0.00
		24:00:00	461.50	0.04	0.03	167.10	0.12	0.09	173.00	0.18	0.14
		48:00:00	462.50	0.06	0.05	168.50	0.15	0.12	176.00	0.25	0.20
		72:00:00	464.00	0.10	0.08	171.20	0.22	0.17	179.00	0.33	0.26
		96:00:00	467.00	0.18	0.14	173.00	0.27	0.21	182.00	0.41	0.32

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm <sup>2</sup> / Mpa	MOLDE No A-4				MOLDE No N-3				MOLDE No Q-2			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30	136.2	7.04	0.69		78.1	4.04	0.40		42.0	2.17	0.21		
1.27	0.050	01:00	267.8	13.84	1.36		161.3	8.34	0.82		86.0	4.44	0.44		
1.90	0.075	01:30	360.7	18.64	1.83		243.3	12.57	1.23		124.5	6.43	0.63		
2.54	0.100	02:00	70.31 / 6.9	450.3	23.27	2.28	32.61	312.7	16.16	1.58	23.19	167.5	8.66	0.85	12.32
3.17	0.125	02:30		530.0	27.39	2.69		353.8	18.28	1.79		210.0	10.85	1.06	
3.81	0.150	03:00		611.0	31.58	3.10		397.9	20.56	2.02		243.0	12.56	1.23	
5.08	0.200	04:00	105.46 / 10.35	700.0	36.18	3.55	34.30	487.5	25.19	2.47	23.57	310.6	16.05	1.57	14.98
6.35	0.250	05:00		760.2	39.29	3.85		545.1	28.17	2.76		366.5	18.94	1.86	
7.62	0.300	06:00		798.3	41.26	4.05		570.3	29.47	2.89		421.3	21.77	2.14	
8.89	0.350	07:00		830.0	42.89	4.21		603.2	31.17	3.06		452.5	23.39	2.29	
10.16	0.400	08:00		856.7	44.27	4.34		637.7	32.96	3.23		473.5	24.47	2.40	
11.43	0.450	09:00		871.4	45.03	4.42		672.5	34.75	3.41		491.0	25.37	2.49	
12.70	0.500	10:00		887.9	45.89	4.50		704.3	36.40	3.57		502.0	25.94	2.54	

**OBSERVACIONES** : LOS MUESTRALES Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.  
 Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S"  
 Certificado N° MT-LL-026-2020/R3288; Certificado N° MT-LF-240-2020/G&C1003

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
 C.A.P. 40974

# ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

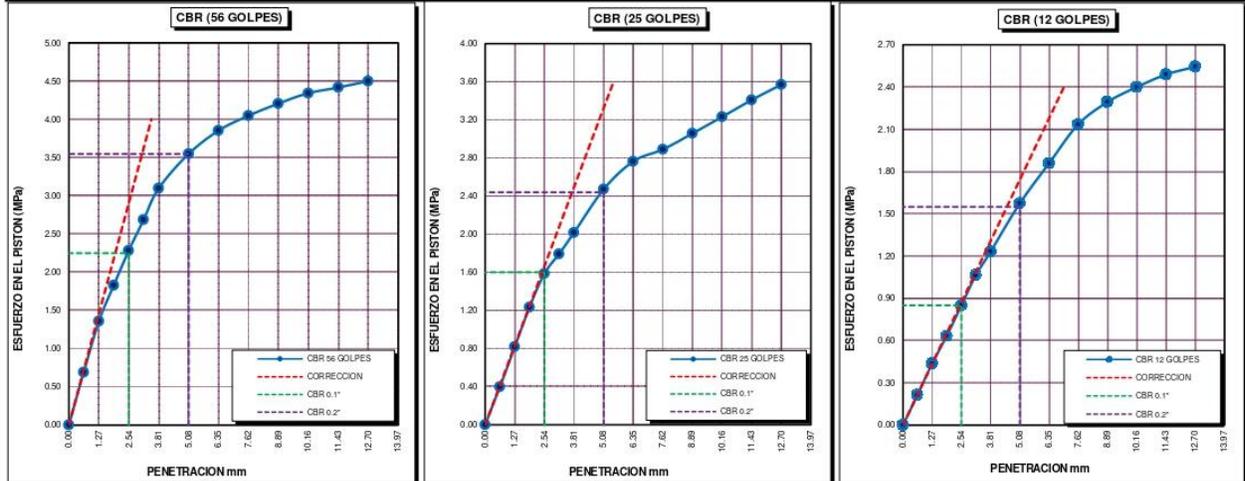
<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-005-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE	
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b> ESTE : NORTE : COTA :	
<b>MUESTRA</b>	: M - 01		<b>ESTABILIZACION</b> : QUIMICA CON CAL
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m		<b>PROPORCION</b> : SUELO PATRON + 2% CAL

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>NORMA</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: -	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: Método "A"
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
		<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 19.47 kN/m <sup>3</sup>
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b>	: 18.50 kN/m <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 13.40 %

<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	32.50 %	<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	34.00 %
<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	23.20 %	<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	23.60 %

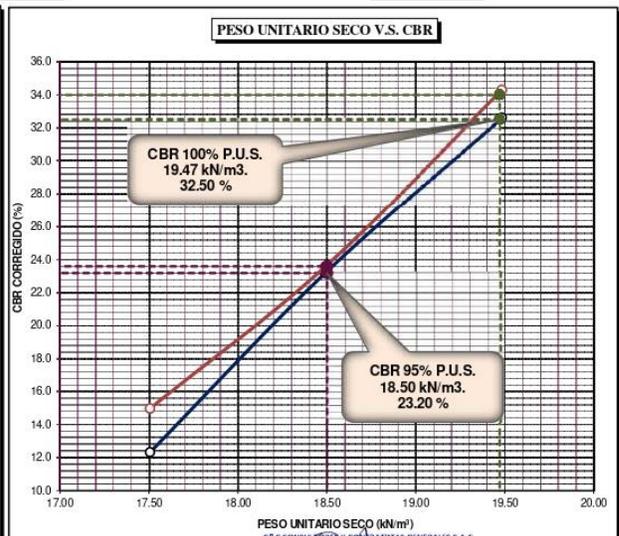
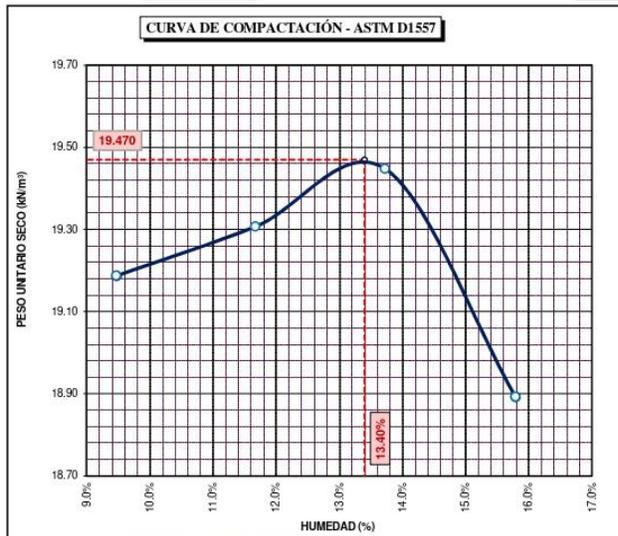
## GRAFICOS



CBR C. = 33 %

CBR C. = 23 %

CBR C. = 12 %



**OBSERVACIONES** : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.  
**Certificado N° MT-LL-026-2020/R3288; Certificado N° MT-LF-240-2020/G&C01003**

## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

### STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

<b>TESTES</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	Registro N° : T_UCV-OVQ-11/21-006-G&C
		Fecha : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO			
PROCEDENCIA : EXPERIMENTO	SOLICITANTE : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE		COORDENADAS
CALICATA : C - 04	ESTABILIZACION : QUIMICA CON CAL		ESTE :
MUESTRA : M - 01	PROPORCION : <b>SUELO PATRON + 4% CAL</b>		NORTE :
PROFUND. : 1.60 m.			COTA :

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS) :	-	METODO DE ENSAYO : Método "A"	TIEMPO DE INMERSIÓN : 4 Días (96 Horas)
CLASIFICACIÓN (AASHTO) :	-	PESO UNITARIO SECO : 19.56 kN/m <sup>3</sup>	TIPO DE MARTILLO : Manual
DESCRIPCIÓN (SUCS) :	-	HUMEDAD ÓPTIMA : 15.10 %	MET. DE PREPARACIÓN : Húmedo

MOLDE No	COD.	A-6	N-5	Q-3			
NUMERO DE CAPAS	n°	5	5	5			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	12			
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1			
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1			
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	[ g ]	13100	13220	12316	12471	11152	11362
Masa del Molde	[ g ]	8227	8227	7661	7661	6765	6765
Masa del Suelo Humedo	[ g ]	4873	4993	4655	4810	4387	4597
Volumen del Suelo	cm <sup>3</sup>	2118	2118	2134	2134	2119	2119
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.301	2.357	2.181	2.254	2.070	2.169
Capsula No	No	PC - 13	PC - 14	PC - 15	PC - 16	PC - 17	PC - 18
Masa de la Capsula	[ g ]	85.75	86.16	84.05	85.74	81.78	82.65
Suelo Humedo + Capsula	[ g ]	562.03	553.59	559.77	492.12	484.79	585.11
Masa del Suelo Seco + Capsula	[ g ]	499.37	485.33	497.04	427.35	431.80	499.18
Masa del Agua	[ g ]	62.66	68.26	62.73	64.77	52.99	85.93
Masa del Suelo Seco	[ g ]	413.62	399.17	412.99	341.61	350.02	416.53
% de Humedad	%	15.15%	17.10%	15.19%	18.96%	15.14%	20.63%
Promedio de Humedad	%	15.15%	17.10%	15.19%	18.96%	15.14%	20.63%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	1.998	2.013	1.894	1.895	1.798	1.798
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	19.594	19.742	18.571	18.581	17.633	17.636

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	399.50	0.00	0.00	228.00	0.00	0.00	345.00	0.00	0.00
		24:00:00	400.50	0.03	0.02	230.00	0.05	0.04	348.00	0.08	0.06
		48:00:00	401.00	0.04	0.03	232.00	0.10	0.08	351.00	0.15	0.12
		72:00:00	401.50	0.05	0.04	234.00	0.15	0.12	354.00	0.23	0.18
		96:00:00	402.00	0.06	0.05	236.00	0.20	0.16	356.00	0.28	0.22

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm <sup>2</sup> / Mpa	MOLDE No A-6				MOLDE No N-5				MOLDE No Q-3			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30		245.0	12.66	1.24	130.7	6.75	0.66		51.0	2.64	0.26		
1.27	0.050	01:00		427.7	22.10	2.17	287.9	14.88	1.46		104.5	5.40	0.53		
1.90	0.075	01:30	70.31 / 6.9	614.8	31.77	3.12	387.3	20.02	1.96		156.5	8.09	0.79		
2.54	0.100	02:00		772.9	39.94	3.92	57.97	470.7	24.33	2.39	34.78	206.0	10.65	1.04	14.49
3.17	0.125	02:30		920.4	47.57	4.66		574.5	29.69	2.91		255.0	13.18	1.29	
3.81	0.150	03:00	105.46 / 10.35	1040.7	53.78	5.27		650.5	33.62	3.30		302.5	15.63	1.53	
5.08	0.200	04:00		1250.7	64.64	6.34	61.84	762.4	39.40	3.86	37.20	401.0	20.72	2.03	19.32
6.35	0.250	05:00		1397.3	72.21	7.08		820.3	42.39	4.16		465.5	24.06	2.36	
7.62	0.300	06:00		1534.4	79.30	7.78		872.5	45.09	4.42		520.0	26.87	2.64	
8.89	0.350	07:00		1600.5	82.71	8.11		897.1	46.36	4.55		566.0	29.25	2.87	
10.16	0.400	08:00		1665.9	86.09	8.44		922.5	47.67	4.68		622.5	32.17	3.15	
11.43	0.450	09:00		1687.0	87.18	8.55		942.3	48.70	4.78		662.2	34.27	3.36	
12.70	0.500	10:00		1679.0	86.77	8.51		970.8	50.17	4.92		701.6	36.26	3.56	

# ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

## STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

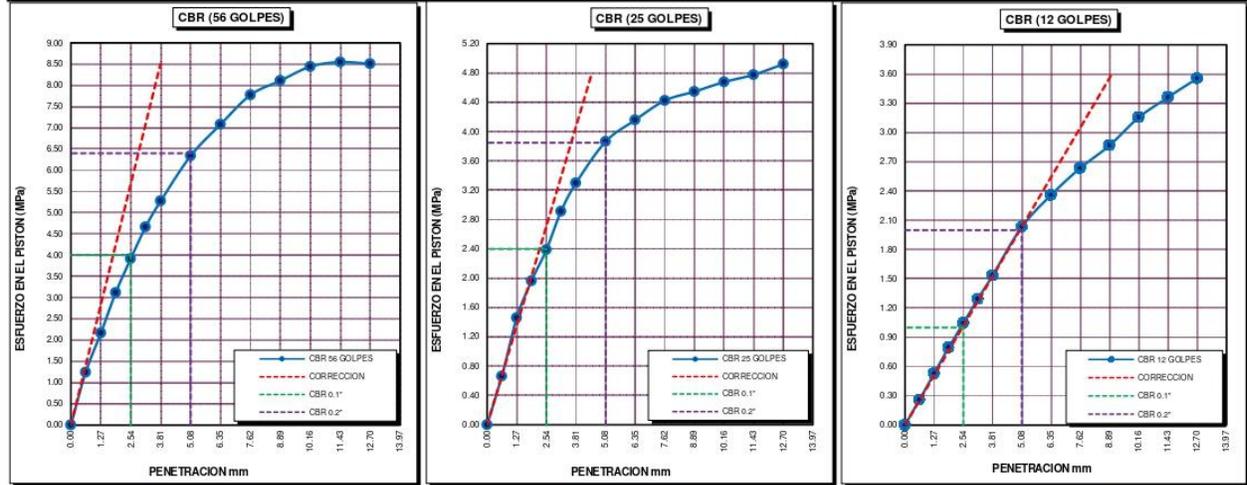
<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-006-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE	
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b> ESTE : NORTE : COTA :	
<b>MUESTRA</b>	: M - 01		<b>ESTABILIZACION</b> : QUIMICA CON CAL
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m		<b>PROPORCION</b> : SUELO PATRON + 4% CAL

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>NORMA</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: -	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: Método "A"
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
		<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 19.56 kN/m <sup>3</sup>
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b>	: 18.58 kN/m <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 15.10 %

<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>57.00 %</b>	<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>61.00 %</b>
<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>35.00 %</b>	<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>37.50 %</b>

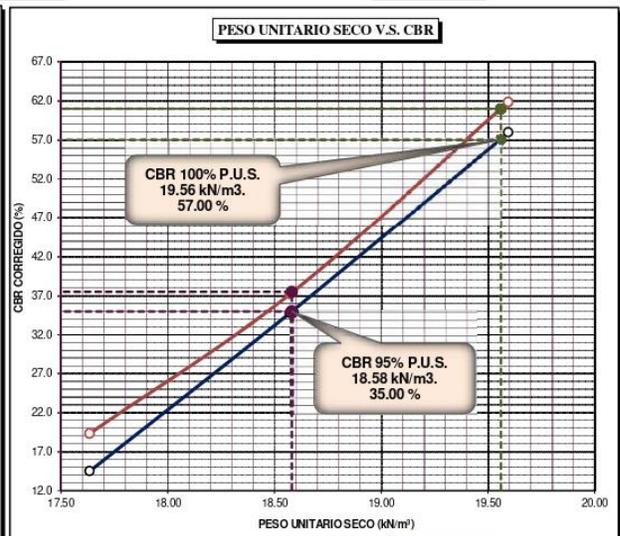
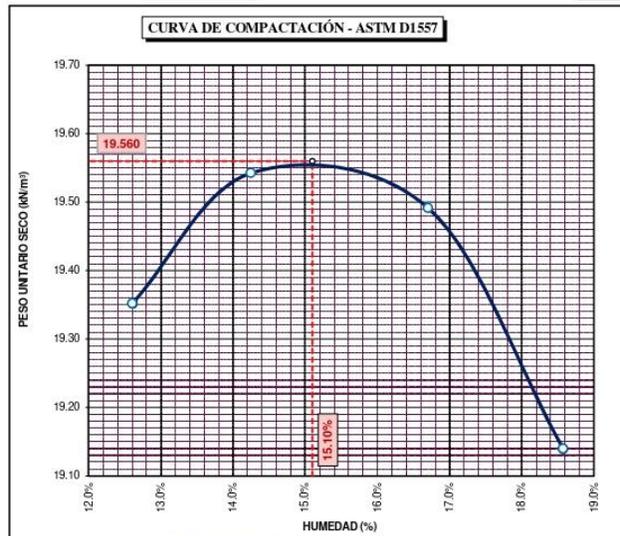
### GRÁFICOS



CBR C. = 58 %

CBR C. = 35 %

CBR C. = 14 %



**OBSERVACIONES** : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

### STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

<b>TESTS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	Registro N° : T_UCV-OVQ-11/21-007-G&C
		Fecha : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO			
PROCEDENCIA : EXPERIMENTO	SOLICITANTE : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE		COORDENADAS
CALICATA : C - 04	ESTABILIZACION : QUIMICA CON CAL		ESTE :
MUESTRA : M - 01	PROPORCION : <b>SUELO PATRON + 6% CAL</b>		NORTE :
PROFUND. : 1.60 m.			COTA :

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS) :	-	METODO DE ENSAYO : Método "A"	TIEMPO DE INMERSIÓN : 4 Días (96 Horas)
CLASIFICACIÓN (AASHTO) :	-	PESO UNITARIO SECO : 19.68 kN/m <sup>3</sup>	TIPO DE MARTILLO : Manual
DESCRIPCIÓN (SUCS) :	-	HUMEDAD ÓPTIMA : 15.80 %	MET. DE PREPARACIÓN : Húmedo

MOLDE No	COD.	A-8		N-7		Q-4	
NUMERO DE CAPAS	n°	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56		25		12	
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1		1		1	
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1		1		1	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	[ g ]	13194	13285	12268	12426	11648	11862
Masa del Molde	[ g ]	8273	8273	7597	7597	7201	7201
Masa del Suelo Humedo	[ g ]	4921	5012	4671	4829	4447	4661
Volumen del Suelo	cm <sup>3</sup>	2113	2113	2110	2110	2120	2120
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.329	2.372	2.214	2.289	2.098	2.199
Capsula No	No	PC - 19	PC - 20	PC - 21	PC - 22	PC - 23	PC - 24
Masa de la Capsula	[ g ]	84.70	85.59	83.03	85.03	83.85	83.67
Suelo Humedo + Capsula	[ g ]	584.66	484.44	599.48	520.35	505.16	568.82
Masa del Suelo Seco + Capsula	[ g ]	516.15	424.60	528.59	448.40	447.39	482.87
Masa del Agua	[ g ]	68.51	59.84	70.89	71.95	57.77	85.95
Masa del Suelo Seco	[ g ]	431.45	339.01	445.56	363.37	363.54	399.20
% de Humedad	%	15.88%	17.65%	15.91%	19.80%	15.89%	21.53%
Promedio de Humedad	%	<b>15.88%</b>	<b>17.65%</b>	<b>15.91%</b>	<b>19.80%</b>	<b>15.89%</b>	<b>21.53%</b>
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.010</b>	<b>2.016</b>	<b>1.910</b>	<b>1.910</b>	<b>1.810</b>	<b>1.809</b>
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	<b>19.709</b>	<b>19.771</b>	<b>18.729</b>	<b>18.734</b>	<b>17.750</b>	<b>17.741</b>

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	236.00	0.00	0.00	916.50	0.00	0.00	122.00	0.00	0.00
		24:00:00	238.00	0.05	0.04	920.00	0.09	0.07	126.00	0.10	0.08
		48:00:00	239.00	0.08	0.06	922.30	0.15	0.12	129.00	0.18	0.14
		72:00:00	239.50	0.09	0.07	923.50	0.18	0.14	131.00	0.23	0.18
		96:00:00	240.00	0.10	0.08	924.00	0.19	0.15	133.00	0.28	0.22

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm <sup>2</sup> / Mpa	MOLDE No A-8				MOLDE No N-7				MOLDE No Q-4			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30	346.5	17.91	1.76		170.2	8.80	0.86		62.0	3.20	0.31		
1.27	0.050	01:00	588.3	30.40	2.98		280.1	14.48	1.42		118.0	6.10	0.60		
1.90	0.075	01:30	787.5	40.70	3.99		386.7	19.98	1.96		181.0	9.35	0.92		
2.54	0.100	02:00	921.5	47.62	4.67	<b>66.67</b>	475.2	24.56	2.41	<b>34.78</b>	238.5	12.33	1.21	<b>17.39</b>	
3.17	0.125	02:30	1097.3	56.71	5.56		567.1	29.31	2.87		294.0	15.19	1.49		
3.81	0.150	03:00	1235.5	63.85	6.26		658.3	34.02	3.34		346.5	17.91	1.76		
5.08	0.200	04:00	1451.2	75.00	7.35	<b>71.50</b>	790.1	40.83	4.00	<b>38.65</b>	439.5	22.71	2.23	<b>21.26</b>	
6.35	0.250	05:00	1593.8	82.37	8.08		880.2	45.49	4.46		517.5	26.74	2.62		
7.62	0.300	06:00	1655.9	85.58	8.39		925.3	47.82	4.69		583.5	30.16	2.96		
8.89	0.350	07:00	1720.4	88.91	8.72		959.1	49.57	4.86		633.5	32.74	3.21		
10.16	0.400	08:00	1805.1	93.29	9.15		977.8	50.53	4.96		671.0	34.68	3.40		
11.43	0.450	09:00	1841.7	95.18	9.33		989.9	51.16	5.02		710.0	36.69	3.60		
12.70	0.500	10:00	1866.9	96.48	9.46		1010.1	52.20	5.12		736.0	38.04	3.73		

**OBSERVACIONES** : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Se usó un indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S"

Certificado N° MT-LL-026-2020/R3288; Certificado N° MT-LF-240-2020/G&C1003

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4713039

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

# ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

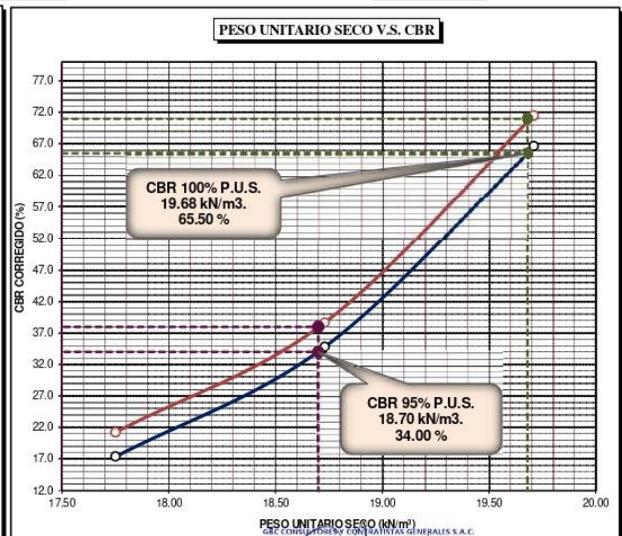
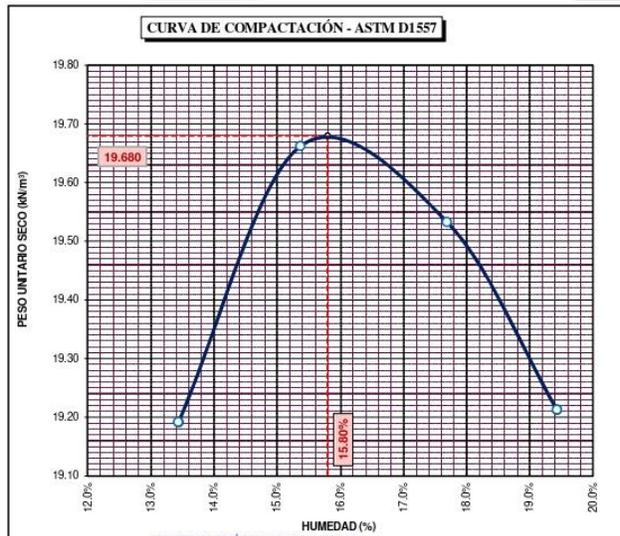
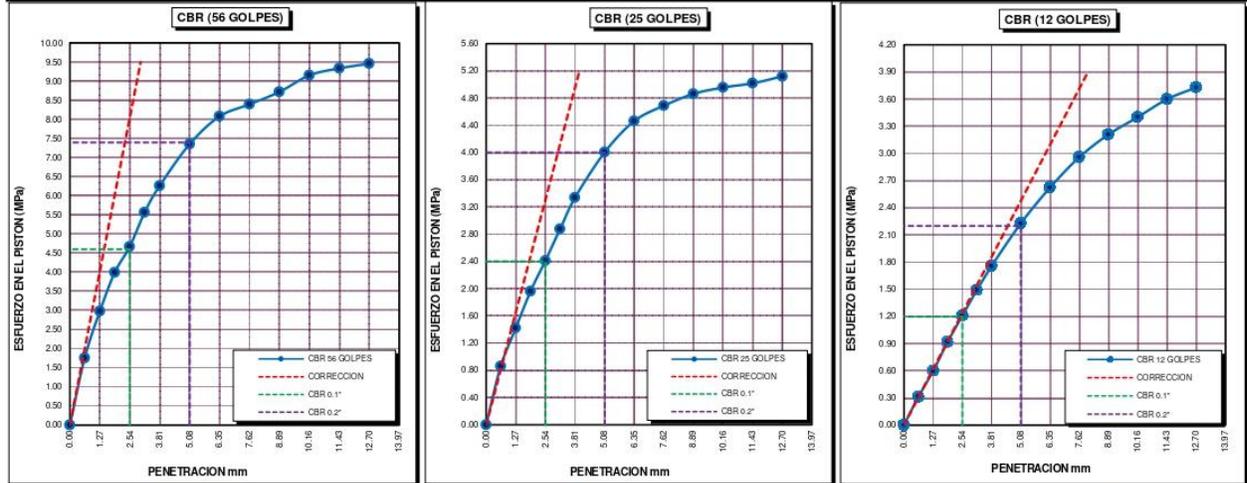
<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-007-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>ESTE</b> :
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m	<b>NORTE</b> :
	<b>PROPORCION</b> : SUELO PATRON + 6% CAL	<b>COTA</b> :

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>NORMA</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: -	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: Método "A"
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
		<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 19.68 kN/m <sup>3</sup>
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b>	: 18.70 kN/m <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 15.80 %

<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>65.50 %</b>	<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>71.00 %</b>
<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>34.00 %</b>	<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>38.00 %</b>

## GRÁFICOS



## LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

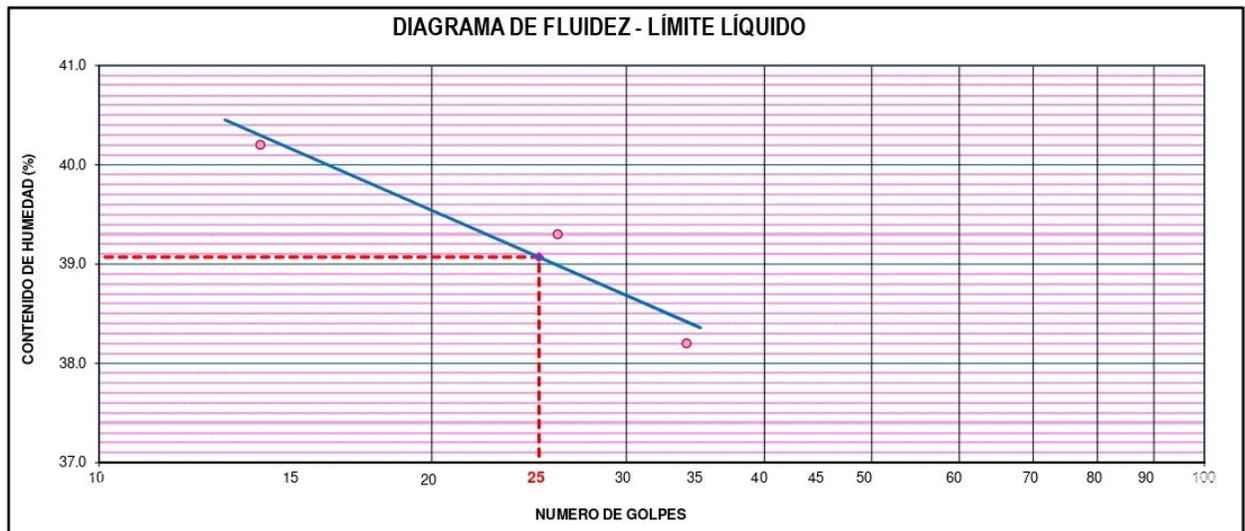
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-008-G&C  <b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021
--------------	---	---

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>PROPORCION</b>	: <b>SUELO PATRON + 1% CAL + 3% CLORURO DE SODIO</b>
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m	<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 36	LC - 37	LC - 38	
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.2	46.54	46.81	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	62.24	64.84	62.41	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	57.64	59.68	58.10	
MASA DE AGUA	[ g ]	4.6	5.16	4.31	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	11.44	13.14	11.29	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>40.2</b>	<b>39.3</b>	<b>38.2</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>14</b>	<b>26</b>	<b>34</b>	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 39	LC - 40		
MASA DE LA TARA	[ g ]	48.61	48.58		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	52.22	51.18		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	51.48	50.65		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.74	0.53		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.87	2.07		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>25.8</b>	<b>25.6</b>		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	39.00
LIMITE PLASTICO	26.00
INDICE DE PLASTICIDAD	13.00

Bach. LC MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 4713131

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.  <small>G&amp;C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.</small>

ING. ALEX LUJAN GOMEZ CALIA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

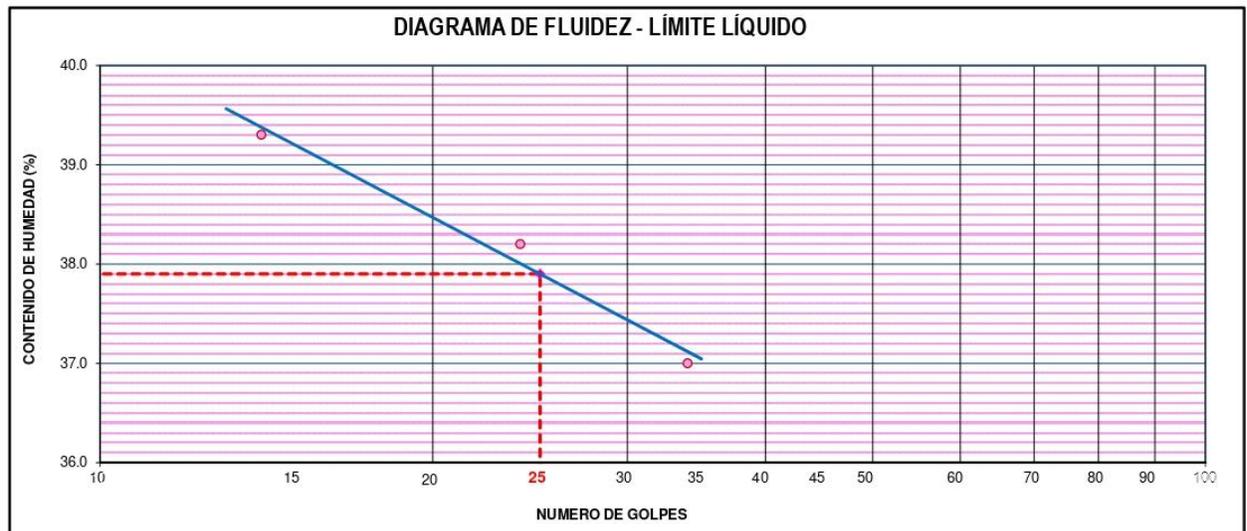
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-009-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>PROPORCION</b>	: SUELO PATRON + 3% CAL + 5% CLORURO DE SODIO
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m	<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 41	LC - 42	LC - 43	
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.71	47.02	46.64	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	62.59	60.94	64.75	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	58.11	57.09	59.86	
MASA DE AGUA	[ g ]	4.48	3.85	4.89	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	11.4	10.07	13.22	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>39.3</b>	<b>38.2</b>	<b>37.0</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>34</b>	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 44	LC - 45		
MASA DE LA TARA	[ g ]	47.04	48.58		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	50.93	52.14		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	50.07	51.35		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.86	0.79		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	3.03	2.77		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>28.4</b>	<b>28.5</b>		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	38.00
<b>LIMITE PLASTICO</b>	28.00
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	10.00

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 4716358

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Ing. ALEX LUIS GOMEZ CALIA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

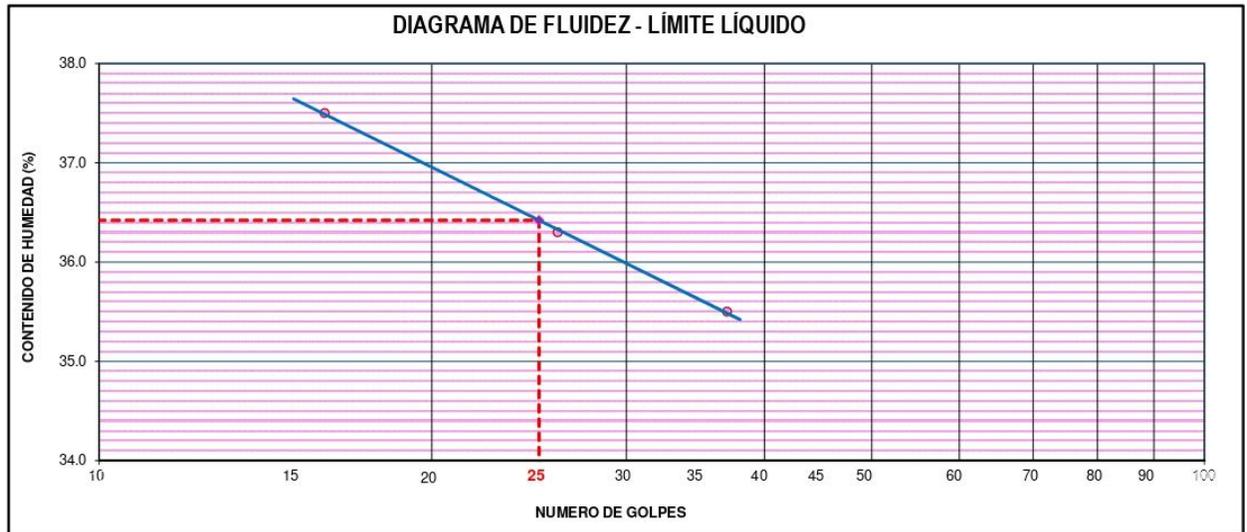
**STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)**

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-010-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>	
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>ESTE</b>	:
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m	<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:
		<b>PROPORCION</b>	: <b>SUELO PATRON + 5% CAL + 8% CLORURO DE SODIO</b>

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 46	LC - 47	LC - 48	
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.79	46.62	46.7	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	64.65	63.55	64.36	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	59.78	59.04	59.73	
MASA DE AGUA	[ g ]	4.87	4.51	4.63	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	12.99	12.42	13.03	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>37.5</b>	<b>36.3</b>	<b>35.5</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	n°	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>37</b>	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 49	LC - 50		
MASA DE LA TARA	[ g ]	48.67	46.71		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	52.53	49.76		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	51.68	49.10		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.85	0.66		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	3.01	2.39		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	(%)	<b>28.2</b>	<b>27.6</b>		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	36.00
<b>LIMITE PLASTICO</b>	28.00
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	8.00

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYOS DE MATERIALES  
 PUNO - PERU

OBSERVACIONES
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO. G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALIA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 200176

# RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE : INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-008-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b> :
<b>MUESTRA</b>	: M - 01		<b>NORTE</b> :
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m.		<b>COTA</b> :

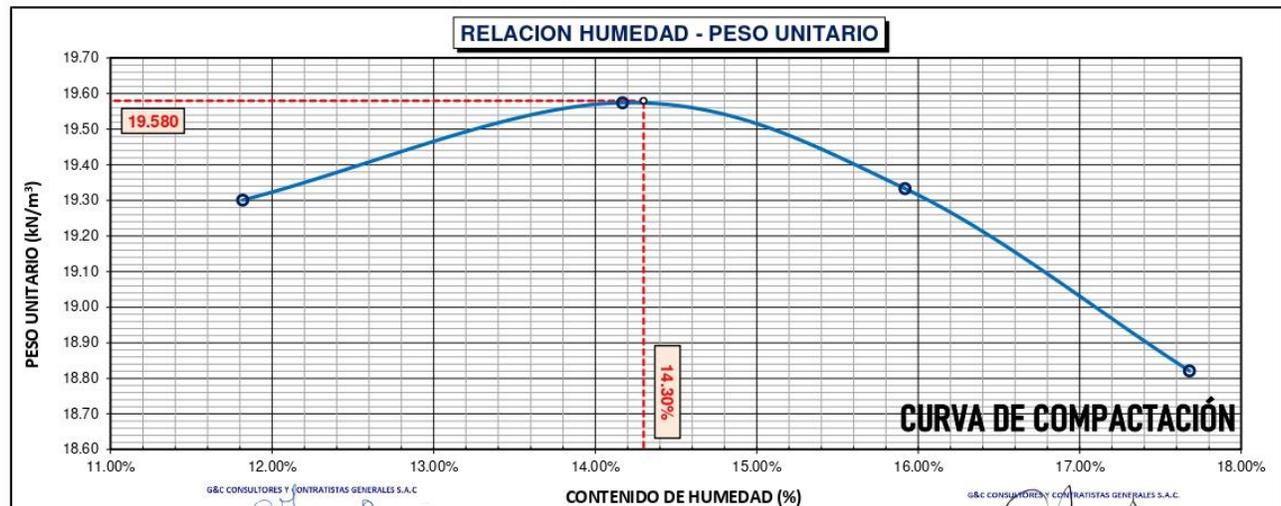
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b>	: METODO DE ENSAYO Método "A"
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b>	: 2.37 % No DE CAPAS 05
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz N°4</b>	: 4.40 % GOLPES POR CAPA 56

EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	: X - 07	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 935 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	: 3,618 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	[ g ]	5675	5748	5754	5729
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	3618	3618	3618	3618
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2057	2130	2136	2111
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.201	2.279	2.285	2.259

Capsula No	No	TP-17	TP-18	TP-19	TP-20
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	59.24	59.65	60.10	58.95
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	[ g ]	392.85	358.67	358.29	388.44
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	357.59	321.56	317.34	338.94
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	35.26	37.11	40.95	49.50
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	298.35	261.91	257.24	279.99
<b>Humedad (%)</b>	%	11.82%	14.17%	15.92%	17.68%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	11.82%	14.17%	15.92%	17.68%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.968	1.996	1.971	1.919
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	19.30	19.57	19.33	18.82

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	: ASTM D-1557-12e1	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.997 gr/cc	: 19.580 kN/m <sup>3</sup>
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo	<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 14.30 %	: 14.30 %



**OBSERVACIONES**

MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 413 36330

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

# RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE : INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-009-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04		
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>PROPORCION</b>	: <b>SUELO PATRON + 3% CAL + 5% CLORURO DE SODIO</b>
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m.		
		<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

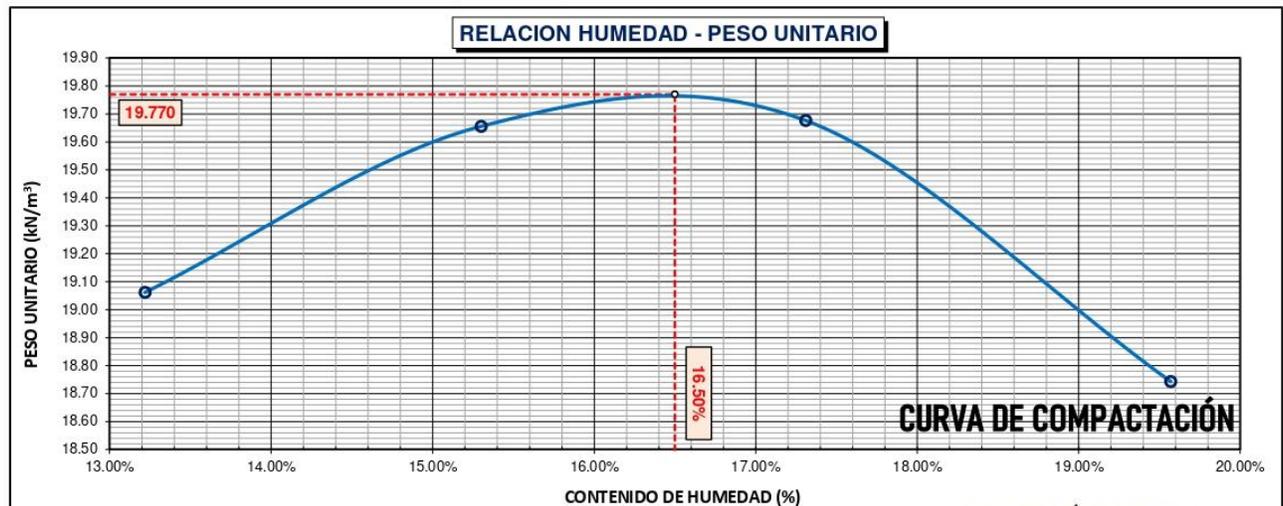
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b>	: METODO DE ENSAYO Método "A"
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b>	: 2.37 %
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz N°4:</b>	: 4.40 %
		<b>NO DE CAPAS</b>	: 05
		<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56

EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	: X - 07	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 935 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	: 3,618 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	[ g ]	5675	5778	5818	5754
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	3618	3618	3618	3618
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2057	2160	2200	2136
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.201	2.311	2.354	2.285

Capsula No	No	TP-21	TP-22	TP-23	TP-24
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	61.36	60.20	60.62	60.04
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	[ g ]	351.19	421.08	333.88	414.73
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	317.35	373.19	293.56	356.68
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	33.84	47.89	40.32	58.05
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	255.99	312.99	232.94	296.64
<b>Humedad (%)</b>	%	13.22%	15.30%	17.31%	19.57%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	13.22%	15.30%	17.31%	19.57%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.944	2.004	2.006	1.911
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	19.06	19.66	19.68	18.74

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	: ASTM D-1557-12e1	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 2.016 gr/cc	: 19.770 kN/m <sup>3</sup>
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo	<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 16.50 %	: 16.50 %



OBSERVACIONES

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
09/11/2021

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
SITE DE INVESTIGACIÓN E ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

# RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12e1)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE : INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-010-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b> :	Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ
<b>CALICATA</b>	: C - 04		QUISPE
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>PROPORCION</b> :	<b>SUELO PATRON + 5% CAL + 8% CLORURO DE SODIO</b>
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m.		
		<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b> :	<b>METODO DE ENSAYO</b> Método "A"
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b> :	2.37 %
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>% Ret. Tamiz N°4:</b>	4.40 %
		<b>NO DE CAPAS</b>	05
		<b>GOLPES POR CAPA</b>	56

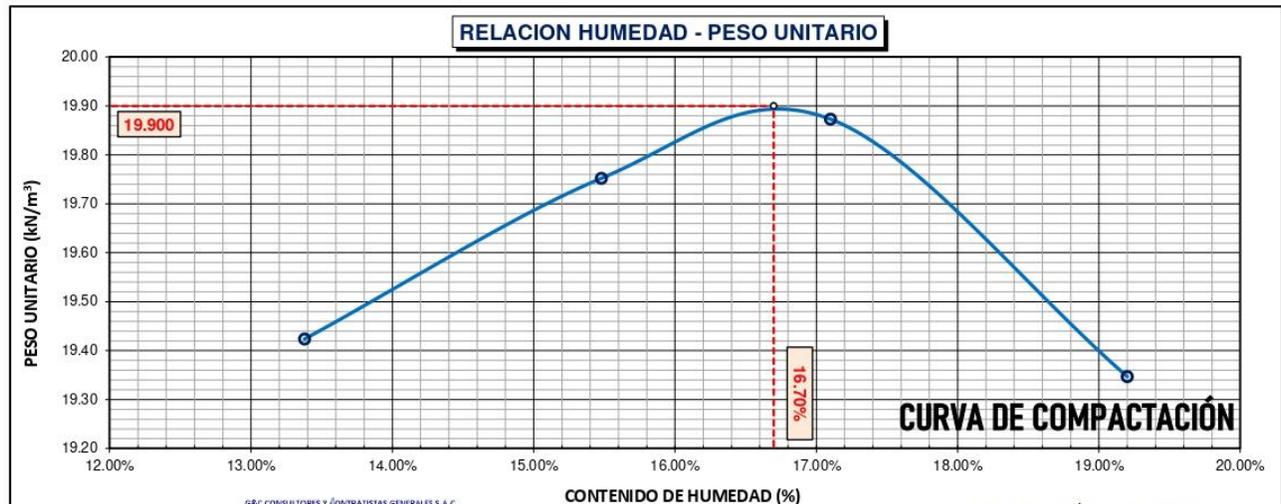
EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	X - 07	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	935 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	3,618 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	[ g ]	5717	5792	5836	5816
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	3618	3618	3618	3618
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2099	2174	2218	2198
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.246	2.326	2.373	2.352

Capsula No	No	TP-25	TP-26	TP-27	TP-28
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	58.78	59.79	60.32	58.87
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	[ g ]	406.21	364.31	387.77	343.88
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	365.21	323.49	339.95	297.97
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	41.00	40.82	47.82	45.91
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	306.43	263.70	279.63	239.10
<b>Humedad (%)</b>	%	13.38%	15.48%	17.10%	19.20%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	13.38%	15.48%	17.10%	19.20%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	<b>1.981</b>	<b>2.014</b>	<b>2.026</b>	<b>1.973</b>
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	<b>19.42</b>	<b>19.75</b>	<b>19.87</b>	<b>19.35</b>

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo

<b>PESO UNITARIO SECO</b>	<b>2.029</b> gr/cc	<b>19.900</b> kN/m <sup>3</sup>
<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	<b>16.70</b> %	<b>16.70</b> %



**OBSERVACIONES**

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**  
**STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 16)**

TESTES	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	Registro N°	: T_UCV-OVQ-11/21-008-G&C
		Fecha	: 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
PROCEDENCIA	: EXPERIMENTO	SOLICITANTE	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
CALICATA	: C - 04	PROPORCIÓN	: <b>SUELO PATRON + 1% CAL + 3% CLORURO DE SODIO</b>
MUESTRA	: M - 01	COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA :
PROFUND.	: 1.60 m.		

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO			
CLASIFICACIÓN (SUCS)	-	METODO DE ENSAYO	: Método "A"	TIEMPO DE INMERSIÓN	: 4 Días (96 Horas)
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	-	PESO UNITARIO SECO	: 19.58 kN/m <sup>3</sup>	TIPO DE MARTILLO	: Manual
DESCRIPCIÓN (SUCS)	-	HUMEDAD ÓPTIMA	: 14.30 %	MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

MOLDE No	COD.	A-5	N-5	Q-5			
NUMERO DE CAPAS	n°	5	5	5			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	12			
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1			
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1			
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	[ g ]	13017	13140	12566	12723	11378	11592
Masa del Molde	[ g ]	8210	8210	7973	7973	6967	6967
Masa del Suelo Humedo	[ g ]	4807	4930	4593	4750	4411	4625
Volumen del Suelo	cm <sup>3</sup>	2103	2103	2117	2117	2141	2141
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.286	2.344	2.170	2.244	2.060	2.160
Capsula No	No	PC - 25	PC - 26	PC - 27	PC - 28	PC - 29	PC - 30
Masa de la Capsula	[ g ]	83.44	86.12	81.83	82.14	82.91	85.94
Suelo Humedo + Capsula	[ g ]	506.43	469.75	544.81	473.22	493.90	514.32
Masa del Suelo Seco + Capsula	[ g ]	453.19	416.01	486.46	412.61	442.01	443.04
Masa del Agua	[ g ]	53.24	53.74	58.35	60.61	51.89	71.28
Masa del Suelo Seco	[ g ]	369.75	329.89	404.63	330.47	359.10	357.10
% de Humedad	%	14.40%	16.29%	14.42%	18.34%	14.45%	19.96%
Promedio de Humedad	%	14.40%	16.29%	14.42%	18.34%	14.45%	19.96%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	1.998	2.016	1.896	1.896	1.800	1.801
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	19.594	19.769	18.595	18.593	17.653	17.659

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	95.50	0.00	0.00	296.00	0.00	0.00	433.00	0.00	0.00
		24:00:00	116.00	0.52	0.41	320.00	0.61	0.48	465.00	0.81	0.64
		48:00:00	117.00	0.55	0.43	322.00	0.66	0.52	471.00	0.97	0.76
		72:00:00	118.00	0.57	0.45	325.00	0.74	0.58	482.00	1.24	0.98
		96:00:00	119.00	0.60	0.47	328.00	0.81	0.64	496.00	1.60	1.26

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm <sup>2</sup> / Mpa	MOLDE No A-5				MOLDE No N-5				MOLDE No Q-5			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30	38.0	1.96	0.19		22.3	1.15	0.11		18.5	0.96	0.09		
1.27	0.050	01:00	94.2	4.87	0.48		55.0	2.84	0.28		48.0	2.48	0.24		
1.90	0.075	01:30	168.7	8.72	0.86		123.7	6.39	0.63		78.0	4.03	0.40		
2.54	0.100	02:00	70.31 / 6.9	246.9	12.76	1.25	22.03	175.5	9.07	0.89	15.94	109.5	5.66	0.55	8.70
3.17	0.125	02:30		322.3	16.66	1.63		217.1	11.22	1.10		137.6	7.11	0.70	
3.81	0.150	03:00		388.5	20.08	1.97		257.7	13.32	1.31		159.5	8.24	0.81	
5.08	0.200	04:00	105.46 / 10.35	500.4	25.86	2.54	26.09	312.8	16.17	1.59	16.43	192.5	9.95	0.98	9.66
6.35	0.250	05:00		577.8	29.86	2.93		353.1	18.25	1.79		215.9	11.16	1.09	
7.62	0.300	06:00		640.1	33.08	3.24		375.0	19.38	1.90		236.4	12.22	1.20	
8.89	0.350	07:00		695.0	35.92	3.52		406.3	21.00	2.06		255.9	13.22	1.30	
10.16	0.400	08:00		745.7	38.54	3.78		424.4	21.93	2.15		273.0	14.11	1.38	
11.43	0.450	09:00		800.1	41.35	4.06		454.6	23.49	2.30		289.0	14.94	1.46	
12.70	0.500	10:00		820.3	42.39	4.16		489.7	25.31	2.48		296.0	15.30	1.50	

OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES

SECCION DE CBR con sistema de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S"

Certificado N° MT-L-026-2020/R3288; Certificado N° MT-LF-240-2020/G&C1003

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
INGENIERA EN CARBONIZACION DE INVESTIGACION  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4713039

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

# ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

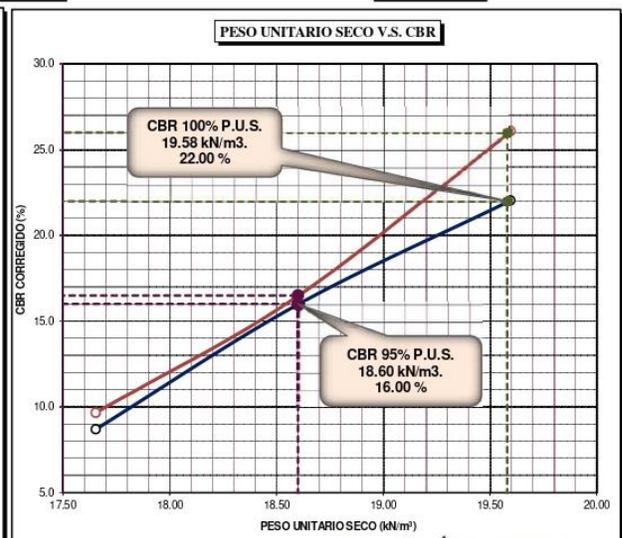
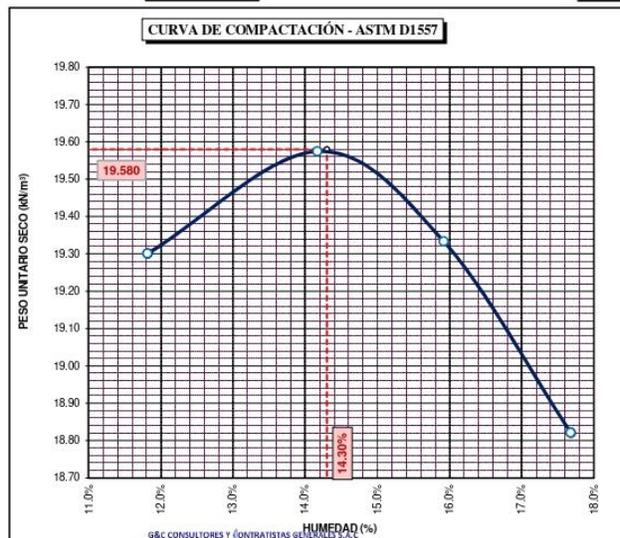
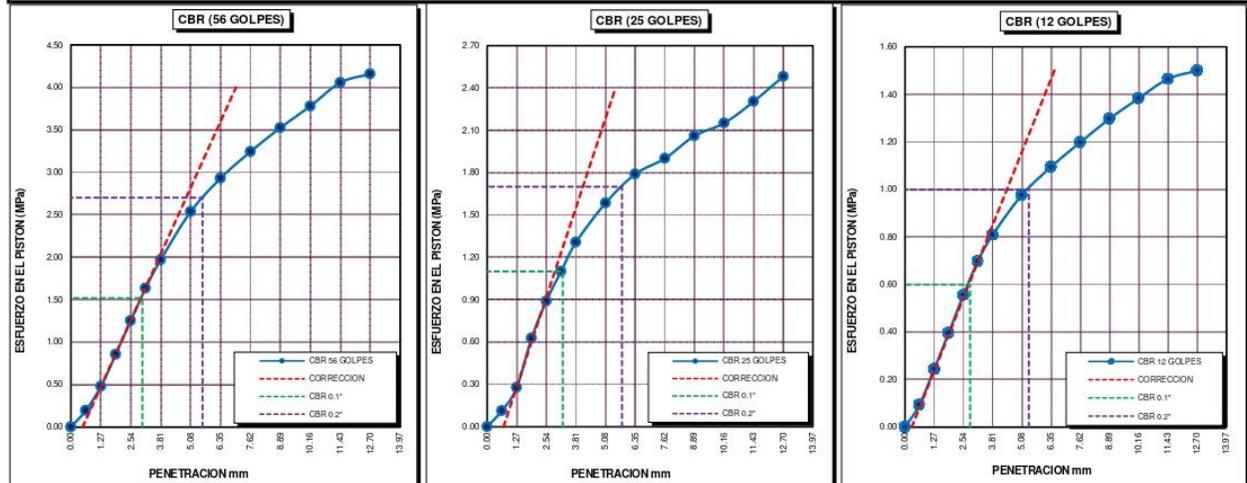
<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-007-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE	
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b> ESTE : NORTE : COTA :	
<b>MUESTRA</b>	: M - 01		<b>PROPORCION</b> : <b>SUELO PATRON + 1% CAL + 3% CLORURO DE SODIO</b>
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m		

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>NORMA</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: -	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: Método "A"
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
		<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 19.58 kN/m <sup>3</sup>
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b>	: 18.60 kN/m <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 14.30 %

<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>22.00 %</b>	<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>26.00 %</b>
<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>16.00 %</b>	<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>16.50 %</b>

## GRÁFICOS



**OBSERVACIONES** : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

**Certificado N° MT-LL-026-2020/R3288; Certificado N° MT-LF-240-2020/G&C01003**

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4736039

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

### STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

TESTES	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	Registro N°	: T_UCV-OVQ-11/21-009-G&C
		Fecha	: 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO			
PROCEDENCIA : EXPERIMENTO	SOLICITANTE : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE		COORDENADAS
CALICATA : C - 04	PROPORCION : <b>SUELO PATRON + 3% CAL + 5% CLORURO DE SODIO</b>		ESTE :
MUESTRA : M - 01			NORTE :
PROFUND. : 1.60 m.			COTA :

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS) :	-	METODO DE ENSAYO :	Método "A"
CLASIFICACIÓN (AASHTO) :	-	PESO UNITARIO SECO :	19.77 kN/m <sup>3</sup>
DESCRIPCIÓN (SUCS) :	-	HUMEDAD ÓPTIMA :	16.50 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN :	4 Días (96 Horas)
		TIPO DE MARTILLO :	Manual
		MET. DE PREPARACIÓN :	Húmedo

MOLDE No	COD.	A-6		N-6		Q-6		
NUMERO DE CAPAS	n°	5		5		5		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56		25		12		
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1		1		1		
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1		1		1		
CONDICIONES DE LA MUESTRA		CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	[ g ]	13044	13161	12310	12468	12084	12296
Masa del Molde	[ g ]	8070	8070	7546	7546	7598	7598
Masa del Suelo Humedo	[ g ]	4974	5091	4764	4922	4486	4698
Volumen del Suelo	cm <sup>3</sup>	2115	2115	2134	2134	2121	2121
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.352	2.407	2.232	2.306	2.115	2.215

Capsula No	No	PC - 31	PC - 32	PC - 33	PC - 34	PC - 35	PC - 36
Masa de la Capsula	[ g ]	81.76	82.63	83.60	84.32	86.04	82.84
Suelo Humedo + Capsula	[ g ]	497.00	510.64	540.81	521.63	480.06	562.80
Masa del Suelo Seco + Capsula	[ g ]	438.04	443.88	475.89	447.32	424.28	476.15
Masa del Agua	[ g ]	58.96	66.76	64.92	74.31	55.78	86.65
Masa del Suelo Seco	[ g ]	356.28	361.25	392.29	363.00	338.24	393.31
% de Humedad	%	16.55%	18.48%	16.55%	20.47%	16.49%	22.03%
Promedio de Humedad	%	16.55%	18.48%	16.55%	20.47%	16.49%	22.03%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	2.018	2.032	1.915	1.915	1.816	1.815
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	19.788	19.924	18.784	18.775	17.805	17.800

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	132.00	0.00	0.00	692.00	0.00	0.00	601.00	0.00	0.00
		24:00:00	138.00	0.15	0.12	700.00	0.20	0.16	612.00	0.28	0.22
		48:00:00	143.00	0.28	0.22	708.00	0.41	0.32	621.00	0.51	0.40
		72:00:00	147.00	0.38	0.30	712.00	0.51	0.40	625.00	0.61	0.48
		96:00:00	150.00	0.46	0.36	715.00	0.58	0.46	631.00	0.76	0.60

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm <sup>2</sup> / Mpa	MOLDE No A-6				MOLDE No N-6				MOLDE No Q-6			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30		123.5	6.38	0.63	33.3	1.72	0.17		24.6	1.27	0.12		
1.27	0.050	01:00		301.9	15.60	1.53	101.9	5.26	0.52		54.3	2.81	0.28		
1.90	0.075	01:30		487.6	25.20	2.47	184.1	9.51	0.93		89.1	4.60	0.45		
2.54	0.100	02:00	70.31 / 6.9	640.3	33.09	3.25	49.28	30.32	15.67	1.54	31.16	141.8	7.33	0.72	18.84
3.17	0.125	02:30		785.6	40.60	3.98		412.2	21.30	2.09		194.0	10.02	0.98	
3.81	0.150	03:00		933.5	48.24	4.73		517.8	26.76	2.62		265.4	13.71	1.34	
5.08	0.200	04:00	105.46 / 10.35	1152.0	59.53	5.84	57.00	671.6	34.71	3.40	35.75	388.8	20.09	1.97	23.67
6.35	0.250	05:00		1338.8	69.19	6.79		757.8	39.16	3.84		488.0	25.22	2.47	
7.62	0.300	06:00		1465.0	75.71	7.42		833.3	43.06	4.22		576.8	29.81	2.92	
8.89	0.350	07:00		1594.6	82.41	8.08		903.3	46.68	4.58		676.1	34.94	3.43	
10.16	0.400	08:00		1710.3	88.39	8.67		955.2	49.36	4.84		746.3	38.57	3.78	
11.43	0.450	09:00		1753.6	90.63	8.89		1015.7	52.49	5.15		810.9	41.91	4.11	
12.70	0.500	10:00		1792.6	92.64	9.09		1043.9	53.95	5.29		871.1	45.02	4.41	

OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Prueba de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S"

Certificado N° MT-LL-026-2020/R3288; Certificado N° MT-LF-240-2020/G&C1003

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ENCARGADA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 4113030

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

# ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

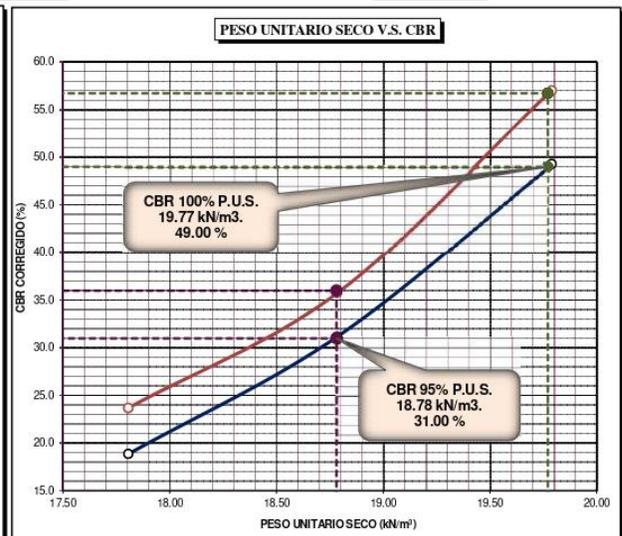
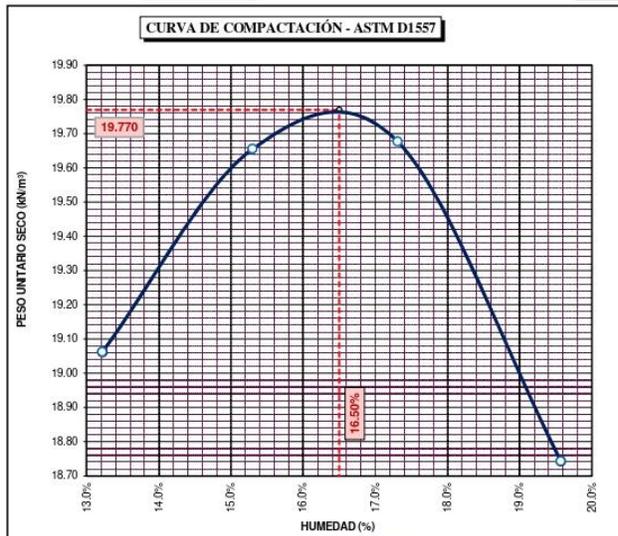
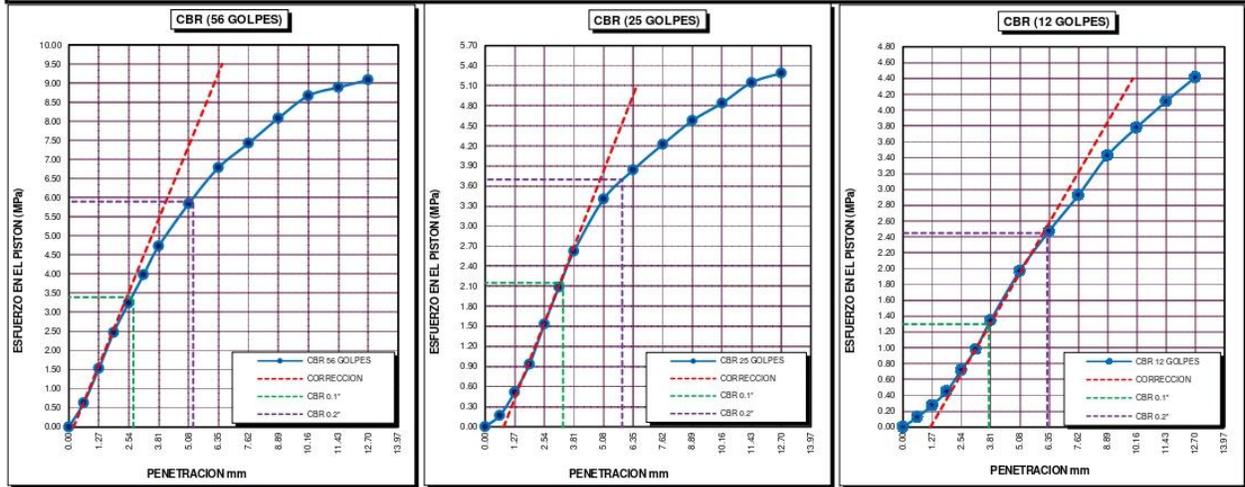
<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	<b>Registro N°</b> : T_UCV-OVQ-11/21-007-G&C
		<b>Fecha</b> : 26 de Noviembre del 2021

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: EXPERIMENTO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b> ESTE : NORTE : COTA :
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	
<b>PROFUND.</b>	: 1.60 m	
	<b>PROPORCION</b> : SUELO PATRON + 3% CAL + 5% CLORURO DE SODIO	

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>NORMA</b>	: ASTM D-1557-12e1
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: -	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: Método "A"
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: -	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
		<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 19.77 kN/m <sup>3</sup>
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b>	: 18.78 kN/m <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 16.50 %

<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>49.00 %</b>	<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>56.70 %</b>
<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>31.00 %</b>	<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>36.00 %</b>

## GRAFICOS



**OBSERVACIONES** : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Certificado N° MT-LL-026-2020/R3288; Certificado N° MT-LF-240-2020/G&C01003

## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

### STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 16)

<b>TESTS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	Registro N° : T_UCV-OVQ-11/21-010-G&C	Fecha : 26 de Noviembre del 2021
--------------	---	---------------------------------------	----------------------------------

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
PROCEDENCIA	: EXPERIMENTO	SOLICITANTE	: Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE
CALICATA	: C - 04	COORDENADAS	
MUESTRA	: M - 01		
PROFUND.	: 1.60 m.		
PROPORCION		: <b>SUELO PATRON + 5% CAL + 8% CLORURO DE SODIO</b>	

DATOS DE LA MUESTRA	DATOS PARA EL ENSAYO		
CLASIFICACIÓN (SUCS) :	-	METODO DE ENSAYO	: Método "A"
CLASIFICACIÓN (AASHTO) :	-	PESO UNITARIO SECO	: 19.90 kN/m <sup>3</sup>
DESCRIPCIÓN (SUCS) :	-	HUMEDAD ÓPTIMA	: 16.70 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: 4 Días (96 Horas)
		TIPO DE MARTILLO	: Manual
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

MOLDE No	COD.	A-7	N-7	Q-7
NUMERO DE CAPAS	n°	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	12
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1

CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
---------------------------	-----	--------------	-----------	--------------	-----------	--------------	-----------

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	[ g ]	13020	13127	12556	12717	11294	11509
Masa del Molde	[ g ]	7995	7995	7767	7767	6757	6757
Masa del Suelo Humedo	[ g ]	5025	5132	4789	4950	4537	4752
Volumen del Suelo	cm <sup>3</sup>	2117	2117	2123	2123	2124	2124
Densidad del Suelo Humedo	g/cm <sup>3</sup>	2.374	2.424	2.256	2.332	2.136	2.237
Capsula No	No	PC - 37	PC - 38	PC - 39	PC - 40	PC - 41	PC - 42
Masa de la Capsula	[ g ]	83.69	85.66	85.32	83.31	84.46	84.65
Suelo Humedo + Capsula	[ g ]	563.56	557.36	573.58	575.54	533.80	598.74
Masa del Suelo Seco + Capsula	[ g ]	494.71	483.22	503.42	491.43	469.14	504.59
Masa del Agua	[ g ]	68.85	74.14	70.16	84.11	64.66	94.15
Masa del Suelo Seco	[ g ]	411.02	397.56	418.10	408.12	384.68	419.94
% de Humedad	%	16.75%	18.65%	16.78%	20.61%	16.81%	22.42%
Promedio de Humedad	%	16.75%	18.65%	16.78%	20.61%	16.81%	22.42%
Densidad del Suelo Seco	g/cm <sup>3</sup>	2.033	2.043	1.932	1.933	1.829	1.828
Peso Unitario Seco	kN/m <sup>3</sup>	19.938	20.037	18.943	18.958	17.933	17.922

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	227.00	0.00	0.00	739.00	0.00	0.00	410.00	0.00	0.00
		24:00:00	228.00	0.03	0.02	741.00	0.05	0.04	413.00	0.08	0.06
		48:00:00	229.00	0.05	0.04	742.00	0.08	0.06	417.00	0.18	0.14
		72:00:00	230.00	0.08	0.06	743.00	0.10	0.08	419.00	0.23	0.18
		96:00:00	231.00	0.10	0.08	744.00	0.13	0.10	420.00	0.25	0.20

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm <sup>2</sup> / Mpa	MOLDE No A-7				MOLDE No N-7				MOLDE No Q-7			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm <sup>2</sup>	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30		59.7	3.09	0.30	129.2	6.68	0.66		96.0	4.96	0.49		
1.27	0.050	01:00		172.8	8.93	0.88	253.6	13.10	1.29		186.2	9.62	0.94		
1.90	0.075	01:30	70.31 / 6.9	315.0	16.28	1.60	362.8	18.75	1.84		273.7	14.15	1.39		
2.54	0.100	02:00		479.0	24.76	2.43	47.83	45.49	23.51	2.31	33.33	339.8	17.56	1.72	24.64
3.17	0.125	02:30		638.7	33.01	3.24	532.9	27.54	2.70		416.8	21.54	2.11		
3.81	0.150	03:00	105.46 / 10.35	784.6	40.55	3.98	614.0	31.73	3.11		491.8	25.41	2.49		
5.08	0.200	04:00		1065.5	55.06	5.40	60.39	746.0	38.56	3.78	36.71	620.8	32.08	3.15	30.72
6.35	0.250	05:00		1327.4	68.60	6.73	839.4	43.38	4.25		726.2	37.53	3.68		
7.62	0.300	06:00		1556.4	80.44	7.89	932.4	48.19	4.73		829.6	42.87	4.20		
8.89	0.350	07:00		1785.3	92.26	9.05	996.1	51.48	5.05		910.9	47.08	4.62		
10.16	0.400	08:00		1997.6	103.23	10.12	1062.1	54.89	5.38		986.8	51.00	5.00		
11.43	0.450	09:00		2152.4	111.24	10.91	1101.0	56.90	5.58		1040.9	53.79	5.28		
12.70	0.500	10:00		2353.0	121.60	11.93	1110.1	57.37	5.63		1096.9	56.69	5.56		

OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Prueba de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S"

Certificado N° MT-LL-026-2020/R3288; Certificado N° MT-LF-240-2020/G&C1003

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 16)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE INCORPORANDO CAL Y CLORURO DE SODIO, CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, PUNO 2021	Registro N°	: T_UCV-OVQ-11/21-007-G&C
		Fecha	: 26 de Noviembre del 2021

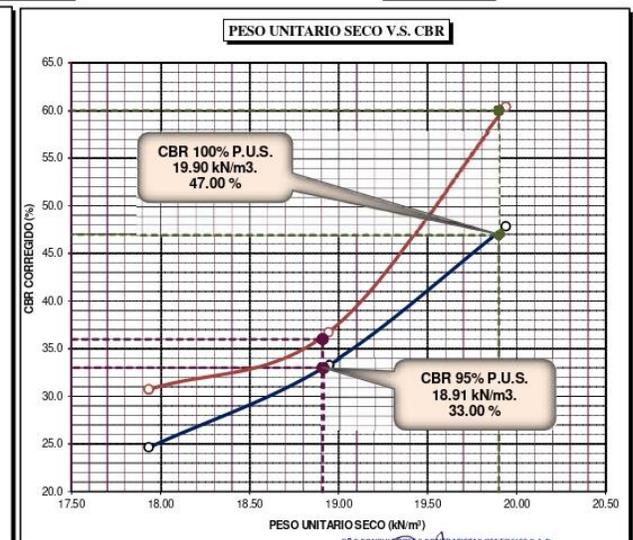
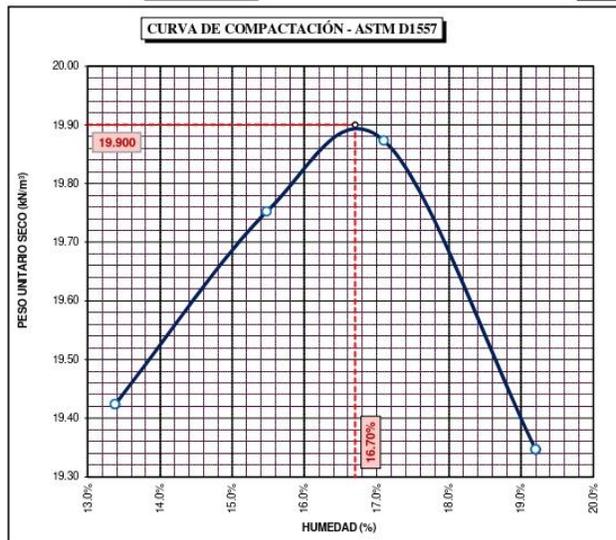
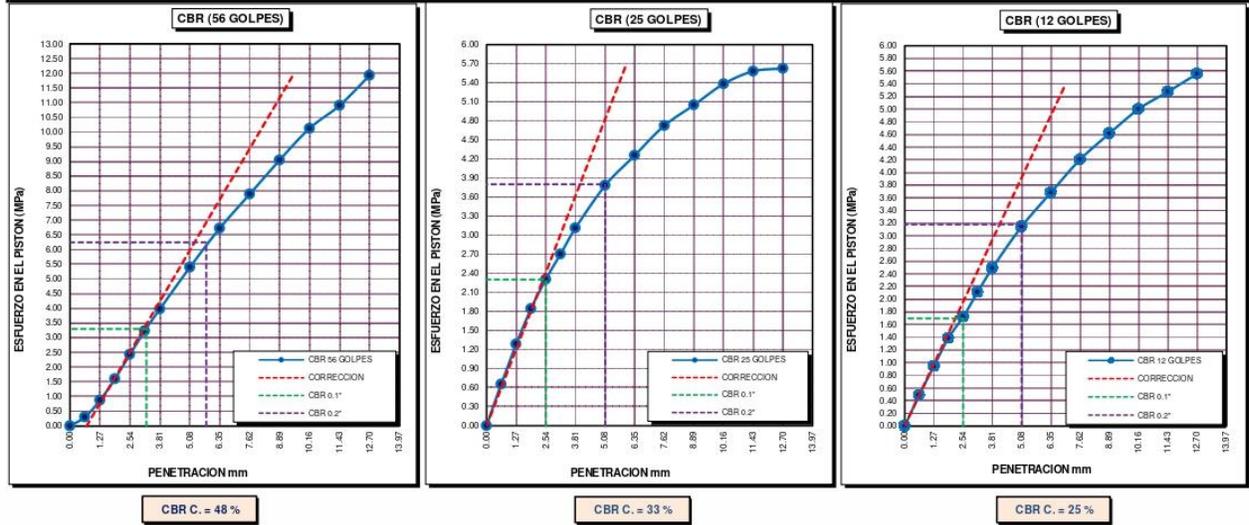
**DATOS GENERALES**

UBICACIÓN : CARRETERA TITILACA - SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE ACORA - PROVINCIA DE PUNO - PUNO		
PROCEDENCIA : EXPERIMENTO	SOLICITANTE : Bach. I.C. OMAR VELASQUEZ QUISPE	COORDENADAS
CALICATA : C - 04		ESTE :
MUESTRA : M - 01	PROPORCION : <b>SUELO PATRON + 5% CAL + 8% CLORURO DE SODIO</b>	NORTE :
PROFUND. : 1.60 m		COTA :

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS) :	-	NORMA :	ASTM D-1557-12e1
CLASIFICACIÓN (AASHTO) :	-	METODO DE ENSAYO :	Método "A"
DESCRIPCIÓN (SUCS) :	-	TIEMPO DE INMERSIÓN :	4 Días (96 Horas)
		PESO UNITARIO SECO :	19.90 kN/m <sup>3</sup>
		PESO UNITARIO SECO AL 95% :	18.91 kN/m <sup>3</sup>
		HUMEDAD ÓPTIMA :	16.70 %

CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1" %	47.00 %	CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2" %	60.00 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1" %	33.00 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2" %	36.00 %

**GRÁFICOS**



**OBSERVACIONES**

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.  
: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO  
Certificado N° MT-LL-026-2020/R3288; Certificado N° MT-LF-240-2020/G&C01003

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TECNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI: 4718010

FIG. ALEJ. LUIS GOMEZ CALLA  
TEL DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

## Anexo 5

### Registros Fotográficos



Figura N° 01: trabajos de campo medidas de ahuellamiento.



Figura N° 02: trabajos de campo medidas de ahuellamiento.



Figura N° 03: trabajos de campo excavación de calicatas.



Figura N° 04: trabajos de campo excavación de calicatas.



Figura N° 05: trabajos de campo excavación de calicatas.



Figura N° 06: trabajos de laboratorio granulometría.



Figura N° 07: trabajos de laboratorio granulometría.



Figura N° 08: trabajos de laboratorio Limite Liquido.



Figura N° 09: trabajos de laboratorio Limite Plastico



Figura N° 10: trabajos de laboratorio proctor.



Figura N° 11: trabajos de laboratorio Incorporando NaCl.



Figura N° 12: trabajos de laboratorio Incorporando Cal.



Figura N° 13: trabajos de laboratorio CBR.

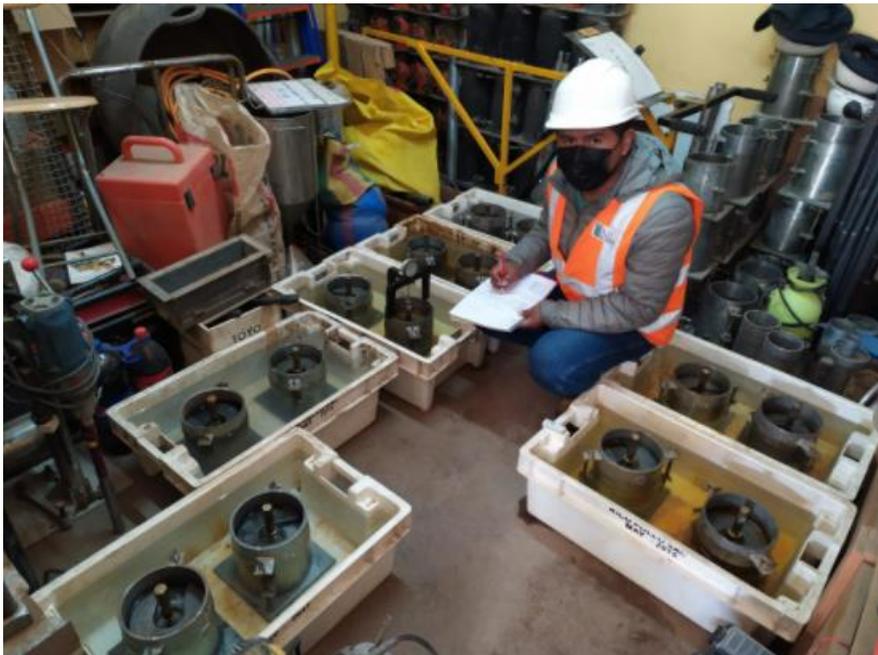


Figura N° 14: trabajos de laboratorio CBR



Figura N° 15: trabajos de laboratorio CBR