

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**ACEITE SULFONADO CON CEMENTO  
PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS  
COHESIVOS EN SUBRASANTE**

**Para optar:**

**El título profesional de Ingeniera Civil**

**Autor:**

**BACH. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA**

**Asesor:**

**ING. CORDOVA ZORRILLA, NATALY LUCIA**

**Línea de Investigación Institucional:**

**Transportes y Urbanismo**

**Huancayo – Perú**

**2023**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera  
Presidente

---

Ph. D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed  
Jurado

---

Mg. Jeannelle Sofía Herrera Montes  
Jurado

---

Mg. Yina Milagro Ninahuanca Zavala  
Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
Secretario Docente

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a mis padres quienes entregaron lo mejor de ellos en el proceso de mi formación personal, espiritual y profesional, para poder dar como fruto una gran profesional llena de valentía y fortaleza, quien hoy cumple una meta muy importante obtener el Título profesional de Ingeniero Civil.

Bach. Pacheco Moya, Yuliana Lizett

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme y darme salud,

A mis padres por el apoyo incondicional en todo momento de mi vida, a mi hija por todo el amor y por ser la fuerza de impulso día a día, a mi esposo por ser el soporte y compañero de vida, por la dedicación y comprensión, a mis hermanos por todo el apoyo y los sabios consejos brindados.

Bach. Pacheco Moya, Yuliana Lizett



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

*"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"*

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

**CONSTANCIA N° 389**

Que, el (la) bachiller: **YULIANA LIZETT, PACHECO MOYA**, de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL, Presentó la tesis denominado: **"ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"**, la misma que cuenta con **144 Páginas**, ha sido ingresada por el SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO obteniendo el 17% de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 30 de diciembre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas  
Director de la Unidad de Investigación

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA...</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iv</b>
<b>CONTENIDO DE TABLAS</b>	<b>viii</b>
<b>CONTENIDO DE FIGURAS</b>	<b>x</b>
<b>CONTENIDO DE GRÁFICOS</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>15</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Delimitación del problema	16
1.2.1. Espacial	16
1.2.2. Temporal	17
1.2.3. Económica	17
1.3. Formulación del problema	17
1.3.1. Problema general	17
1.3.2. Problemas específicos	17
1.4. Justificación	17
1.4.1. Social	17
1.4.2. Teórica	17
1.4.3. Metodológica	18
1.5. Objetivos	18
1.5.1. Objetivo general	18
1.5.2. Objetivos específicos	18
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>19</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>19</b>
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.1.1. Antecedentes nacionales	19
2.1.2. Antecedentes internacionales	21
2.2. Bases teóricas o científicas	23

2.3. Marco conceptual.....	45
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>46</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>46</b>
3.1. Formulación de Hipótesis.....	46
3.1.1. Hipótesis general.....	46
3.1.2. Hipótesis específica.....	46
3.2. Variables.....	46
3.2.1. Definición conceptual de las variables.....	46
3.2.2. Definición operacional de la variable.....	47
3.3. Operacionalización de variables.....	47
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>49</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>49</b>
4.1. Método de investigación.....	49
4.2. Tipo de investigación.....	49
4.3. Nivel de la investigación.....	50
4.4. Diseño de la investigación.....	50
4.5. Población y muestra.....	50
4.5.1. Población.....	50
4.5.2. Muestra.....	51
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	51
4.7. Técnica de procesamiento y análisis de datos.....	51
4.7.1. Procesamiento de la información.....	51
4.7.2. Técnicas y análisis de datos.....	56
4.8. Aspectos éticos de la investigación.....	58
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>60</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>60</b>
5.1. Descripción del diseño tecnológico.....	60
5.2. Descripción de los resultados.....	60
5.3. Contrastación de hipótesis.....	69
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>82</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>82</b>
6.1. Discusión de resultados con antecedentes.....	82
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>84</b>

<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>89</b>
<b>Anexo N°01: Matriz de consistencia.....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables.....</b>	<b>92</b>
<b>Anexo N°03: Matriz de operacionalización de instrumento .....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo N°04: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación.....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo N°05: Certificado de calibración .....</b>	<b>121</b>
<b>Anexo N°06: Ficha técnica .....</b>	<b>141</b>
<b>Anexo N°07: La data de procesamiento de datos.....</b>	<b>143</b>
<b>Anexo N°08: Fotografía de la aplicación del instrumento .....</b>	<b>145</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Características básicas que muestra el aceite sulfonado.....	25
Tabla 2. Consideraciones a tomar en cuenta para un proceso de estabilización de suelos para pavimentación.....	27
Tabla 3. Consideraciones de dosificación en función al tipo de tipo de suelo.....	30
Tabla 4. Dosificación necesaria en función a la clasificación AASHTO.....	32
Tabla 5. Cemento necesario para suelos arenosos del horizonte B y C.....	32
Tabla 6. Cemento para suelo limoso y arcilloso horizonte B y C.....	33
Tabla 7. Clasificación del suelo en función a las dimensiones de partícula.....	36
Tabla 8. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	37
Tabla 9. IP del suelo.....	38
Tabla 10. Muestra mínima necesaria para el ensayo.....	40
Tabla 11. Valores de la carga unitaria.....	41
Tabla 12. Clasificación del suelo.....	41
Tabla 13. Clasificación de subrasante.....	44
Tabla 14. Operacionalización de variables.....	48
Tabla 15: Cantidad Mínima de la muestra de agregado grueso o global.....	52
Tabla 16. Pruebas de normalidad del ensayo de CBR.....	57
Tabla 17. Prueba de normalidad del ensayo de pH.....	58
Tabla 18. Resultado de las características geotécnicas del suelo.....	61
Tabla 19. Resultado del ensayo Proctor modificado convencional.....	62
Tabla 20. Resultado del ensayo Proctor modificado I.....	62
Tabla 21. Resultado del ensayo Proctor modificado II.....	62
Tabla 22. Resultado del ensayo Proctor modificado III.....	62
Tabla 23. Resultados Completos.....	62
Tabla 24. Resultado del ensayo de CBR.....	65
Tabla 25. Resultado del ensayo de CBR.....	65
Tabla 26. Resultado del ensayo de CBR.....	65
Tabla 27. Resultado del ensayo de CBR.....	65
Tabla 28. Resumen de resultados de CBR.....	65
Tabla 29. PH con 3%, 5% y 7% de aceite sulfonado con cemento.....	68
Tabla 30. CBR de los ensayos en el laboratorio.....	70

Tabla 31. Pruebas de normalidad.....	71
Tabla 32. Análisis de la homogeneidad de varianzas .....	71
Tabla 33. Anova para el CBR al 95% de MSD .....	72
Tabla 34. Post hoc de Tukey.....	72
Tabla 35. Análisis de hipótesis por normalidad.....	74
Tabla 36. Resultados de homogeneidad de las varianzas .....	74
Tabla 37. Prueba de ANOVA de un factor .....	75
Tabla 38. Resultado del análisis de post hoc de Tukey .....	75
Tabla 39. Resultados del pH de los ensayos de laboratorio.....	78
Tabla 40. Resultados de la prueba de normalidad .....	78
Tabla 41. Prueba de homogeneidad de varianzas .....	78
Tabla 42. Anova de un factor .....	79
Tabla 43. Prueba de post hoc de Tukey .....	80
Tabla 44. Resumen de datos del ensayo de PH.....	144
Tabla 45. Resumen de datos del ensayo de Proctor.....	144
Tabla 46. Resumen de datos del ensayo de CBR .....	144

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Sistema agua-partículas de la superficie terrestre .....	24
Figura 2. Proceso de intercambio en las moléculas de H <sub>2</sub> O – DS-328 – Suelo. ....	25
Figura 3. Proceso de estabilización por el método de compactación empleando un rodillo “pata de cabra” .....	28
Figura 4. Uso de geotextiles como método de estabilización de las capas granulares del pavimento .....	29
Figura 5. Tendido de cemento para estabilización de suelos natural.....	30
Figura 6. Estabilización con cal.....	34
Figura 7. Proceso de estabilización de subrasante con el uso de asfalto. ....	34
Figura 8. Concha de abanico (arriba) y concha pico de pato (abajo). ....	35
Figura 9. Copa de Casagrande empleado para el cálculo de LL. ....	37
Figura 10. Carta de ubicación de datos de plasticidad.....	38
Figura 11. Equivalente de arena .....	39
Figura 12. Cohesión de suelos plásticos .....	42

## CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Proctor convencional y adiciones. ....	63
Gráfico 2. Variaciones de Proctor convencional y adiciones.....	63
Gráfico 3. Optimo contenido de humedad.....	64
Gráfico 4. Optimo contenido de humedad en % .....	64
Gráfico 5. Análisis comparativo de CBR al 100 % MDS .....	66
Gráfico 6. Análisis comparativo de CBR al 100 % MDS .....	66
Gráfico 7. Análisis comparativo de CBR al 95 % MDS .....	67
Gráfico 8. Análisis comparativo de CBR al 95 % MDS .....	67
Gráfico 9. Análisis comparativo de las propiedades del suelo PH.....	68
Gráfico 10. <i>Análisis comparativo de las propiedades del suelo estabilizado</i> .....	68
Gráfico 11. Medias de CBR 95% MDS.....	73
Gráfico 12. Medias de CBR 100% MDS.....	76
Gráfico 13. Media del pH del suelo.....	80

## RESUMEN

En la presente investigación se planteó como objetivo principal evaluar de qué manera el aceite sulfonado con cemento estabiliza los suelos cohesivos en subrasante, para lo cual, el método de la investigación utilizada fue el método científico, el tipo de investigación aplicada, el nivel explicativo y el diseño experimental. La población corresponderá al suelo en estado natural y el suelo con la adición de aceite sulfonado del sector Bajo Toterani, distrito de Perené, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín; mientras que la muestra de acuerdo al tipo de muestreo no probabilístico dirigido y corresponderá al km 07+100 hasta la progresiva del km 07+250, el desarrollo consistió en extraer una muestra de una calicata y caracterizar el tipo de suelo y de acuerdo a ello ya que el como resultado de CBR se obtuvo un suelo con subrasante pobre CBR al 95% MDS 5.80, para estabilizar se adiciona el 3%, 5% y 7% de cemento y 0.3,0.5,0.7l/m<sup>3</sup> aceite sulfonado con cemento, previo el análisis como resultado más favorable se obtuvo en la prueba de CBR con el 7% de adición en los cuales se obtuvo un CBR al 95% DE MDS 48.30 y en los resultado del análisis del pH de suelo se llegó a obtener un suelo con grado de acidez: muy fuertemente Alcalino, finalmente se concluyó que la adición del 7% y 0.07l/m<sup>3</sup> del aceite sulfonado da mayor resistencia en la estabilización.

**PALABRAS CLAVES:** Aceite sulfonado con cemento, estabilización de suelos, suelos cohesivos, propiedades físicas y mecánicas.

## ABSTRACT

In the present investigation, the main objective was to evaluate how sulfonated oil with cement stabilizes cohesive soils in subgrade, for which, the research method used was the scientific method, the type of applied research, the explanatory level and the experimental design. The population will correspond to the soil in its natural state and the soil with the addition of sulfonated oil from the Bajo Toterani sector, district of Perené, province of Chanchamayo, department of Junín; while the sample according to the type of non-probabilistic sampling directed and will correspond to km 07+100 until the progressive km 07+250, the development consisted of extracting a sample from a test pit and characterizing the type of soil and accordingly since as a result of CBR a soil with a poor subgrade CBR at 95% MDS 5.80 was obtained, to stabilize 3%, 5% and 7% cement and 0.03,0.05,0.07l/m<sup>3</sup> sulphonated oil with cement are added, Prior to the analysis, the most favorable result was obtained in the CBR test with 7% addition, in which a 95% CBR DE MDS 48.30 was obtained and in the results of the soil pH analysis, a soil with degree of acidity: very strongly alkaline, finally it was concluded that the addition of 7% and 0.07l/m<sup>3</sup> of sulfonated oil gives greater resistance in stabilization.

**KEY WORDS:** Oil sulfonated with cement, soil stabilization, cohesive soils, physical and mechanical properties.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: “Aceite sulfonado con cemento para estabilización de suelos cohesivos en subrasante”, se origina por una mala capacidad de la subrasante planteando así una alternativa de solución a los suelos cohesivos de aceite sulfonado con cemento.

El proceso de estabilización de suelo con la adición de aceite sulfonado busca mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo para subrasante, esto mediante un estudio de diversas dosificaciones buscando hallar la dosificación con un el mejor comportamiento.

La investigación se realizó en diversas fases por este motivo se los datos obtenidos fueron distribuidos en diversos capítulos de la forma siguiente:

**El capítulo I:** En este capítulo se muestra la descripción, la delimitación del problema, formulación del problema, la justificación y los objetivos de la problemática.

**El capítulo II:** En este capítulo se muestra el marco teórico de la investigación los antecedentes nacionales e internacionales, y las bases teóricas y científicas que sustentan la investigación.

**El capítulo III:** Se muestra un análisis de la hipótesis, una definición conceptual y operacional de las variables de la investigación.

**El capítulo IV:** En este capítulo se muestra la metodología, tipo, nivel y diseño de la investigación, un análisis de la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos que apoyan en la investigación.

**El capítulo V:** Se muestra una descripción del diseño y resultados de la investigación, además se presenta la contrastación de la hipótesis.

**El capítulo VI:** En esta sección se presenta una discusión de los resultados, recomendaciones, conclusiones, matriz y anexos que sustentan la investigación.

Bach. Pacheco Moya, Yuliana Lizett

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel internacional se cuenta con diferentes tipos de suelos y son utilizados por las actividades de ingeniería civil, como en la construcción de carreteras, en este entorno se tiene aproximadamente 80% de vías no pavimentadas y el 20% que se encuentran pavimentadas. Cabrera Nole & Paredes Minaya (2018). En la actualidad diversos países buscan mejorar el performance de las vías mediante la reutilización de las materias, de tal manera que estas materias no afecten al medio ambiente; surgiendo de este modo un material como es el aceite sulfonado. Perú según PROVIAS (2018), el 79% de la red vial nacional son pavimentadas y el 21% no se encuentran pavimentadas, teniendo de esta manera que en ambas situaciones la problemática en cuanto a sus fallas representan un costo adicional en el mantenimiento y conservación de las mismas. En el departamento de Junín de acuerdo a la Red Vial Nacional se tiene un 57% de vías pavimentadas y un 43% de vías no pavimentadas o usadas como trochas PROVIAS (2018), Huancayo no es ajeno a la problemática de requerir de vías adecuadas debido al incremento de la comercialización de productores y al parque automotor con que se cuenta.

En base a lo mencionado en la ejecución de los proyectos viales muchas veces se cuenta con suelos que no cumplen con los parámetros del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), como es el caso de los suelos cohesivos que requieren de una

adecuada estabilización, por ende se podrá observar tanto en vías pavimentadas como en vías no pavimentadas: depresiones, fisuras de bordes, hinchamientos, baches, ahuellamientos y el lento tránsito de vehículos producido por el mal estado de las carreteras.

Estos problemas se dan a consecuencia de que los suelos cohesivos al servir como soporte de una estructura de pavimento va generar un deterioro de la misma a corto plazo por el peso propio de la estructura y el tránsito vehicular (Hernández, 2016), también se da por no tomar en cuenta los estudios de control en cuanto se refiere a la deficiencia en las propiedades físicas (granulometría, contenido de humedad y límites de Atterberg) y mecánicas (Proctor modificado y California Bearing Ratio (CBR)) de los suelos para subrasante. MTC (2013)

En la región se cuenta con suelos cohesivos, estos a su vez no cumpliendo con las características en sus propiedades físicas y mecánicas para ser considerados como subrasantes adecuadas, por ende llevarán a seguir teniendo vías en mal estado con diferentes fallas a consecuencia de no realizar una adecuada estabilización, por lo que se limitará el desarrollo económico de las poblaciones a partir de la baja transitabilidad de vehículos producto del mal estado de las vías, como también se generará grandes costos en el mantenimiento de las mismas, del mismo modo se tendrá un mantenimiento adicional a los vehículos que transitan por las vías deterioradas.

En referencia a lo descrito se da la necesidad de estabilizar el suelo cohesivo haciendo uso de un material que no sea demasiado costoso, en este caso es el aceite sulfonado. En Piura ya se viene haciendo uso de este aditivo el cual se aplicó en un tramo de la carretera Sánchez Cerro, En tal sentido una alternativa para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante es la adición de dicho material como uso alternativo del mismo.

## **1.2. Delimitación del problema**

### **1.2.1. Espacial**

La presente investigación se ejecutará en el km 07+100 hasta el progresivo km 07+250 ubicado en el sector Bajo Toterani, distrito de Perene, provincia Chanchamayo y departamento de Junín.

### **1.2.2. Temporal**

La investigación se realizó entre los meses de junio a octubre del año 2022.

### **1.2.3. Económica**

En la investigación la totalidad del presupuesto empleado para los ensayos de laboratorio, accesoria e investigación financiada es por el propio investigador.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿De qué manera el aceite sulfonado con cemento estabiliza los suelos cohesivos en subrasante?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo la cantidad de aceite sulfonado con cemento estabiliza las propiedades mecánicas del suelo cohesivo en la subrasante?
- b) ¿De qué forma la adición de aceite sulfonado con cemento favorece en el pH de suelo natural en la estabilización del suelo cohesivo en la subrasante?

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Social**

Según Hernández, Fernández, & Lucio (2006), “Se pretende en la investigación el poder resolver un problema real y de ser el caso tenga relación con otros problemas prácticos”.

La tesis se justifica de forma práctica al determinar mejorar el comportamiento de la subrasante (suelos cohesivos) al emplear aceite sulfatado con cemento.

### **1.4.2. Teórica**

Según Méndez (2012) la tesis se justifica científicamente por tener un propósito de estudio donde se genera un debate académico sobre un conocimiento existente, comparando la teoría con los resultados realizando una epistemología del conocimiento existente.

La justificación teórica estará basada en el empleo del manual de ensayos lo que permitirá el análisis de los suelos cohesivos en subrasante con adición de aceite

sulfatado con cemento obteniendo así valores mínimos de servicialidad cumpliendo los estándares de resistencia y durabilidad.

### **1.4.3. Metodológica**

Según lo mencionado por Álvarez Risco (2020), “la investigación se llega a justificar metodológicamente al generar nueva información valida capas de ser empleada en futuras investigaciones de semejanza”.

En la tesis se planteó mejorar las propiedades de la subrasante al adicionar aceite sulfonado con cemento llegando a obtener así resultados confiables que servirán de base de estudio en trabajos e investigaciones que se lleven a cabo después.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar de qué manera el aceite sulfonado con cemento estabiliza los suelos cohesivos en subrasante.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar como la cantidad de aceite sulfonado con cemento estabiliza las propiedades mecánicas del suelo cohesivo en la Subrasante.
- b) Determinar de qué forma favorece la adición el aceite sulfonado con cemento en el pH de suelo natural en la estabilización del suelo cohesivo en la subrasante.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes nacionales

Cabrera Nole & Paredes Minaya (2018), expone la tesis realizada en pregrado **Titulado:** “Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal Izquierdo, Provincia de Santa – Ancash – 2018”, el cual fija como **objetivo general:** Estabilizar el suelo con adición de cenizas de carbón mineral en el centro poblado de Cascajal Izquierdo, empleando la **metodología:** El presente proyecto fue realizado desde un enfoque cuantitativo, cuyo tipo de investigación es experimental, obteniendo como **resultado:** Al realizar los ensayos se afirma que la ceniza empleada se clasifica en la sección F, y por una suma de los elementos cementantes se obtiene un valor mayor al 70%,y finalmente **concluyo:** Afirma que se logra resultados satisfactorios al estabilizar la subrasante con cenizas de carbón mineral, esto vasado en los ensayos realizados en laboratorio de mecánica de suelos.

Bueno Regalado & Torre Maza (2019), argumenta en su tesis **Titulada:** “Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar, Independencia, Huaraz – 2018”, el cual fija

como **objetivo general:** Realizar una estabilización del suelo de subrasante empleando ceniza de carbón con fin de pavimentación barrio del Pinar, Distrito de Independencia – Huaraz, empleando la **metodología:** En el presente trabajo la investigación trabaja con un método cuantitativo, al realizar ensayos se trabajó bajo un diseño experimental llegando a la obtención del **resultado:** Luego de realizar los ensayos se mostró resultados en los efectos en el porcentaje de peso de 3%, 5% y 10% al realizar una mezcla del suelo natural y la ceniza de carbón, y finalmente **concluyo:** Afirmando que el suelo arenoso mejora la estabilidad al incrementar un 5% de la ceniza de carbón, logrando alcanzar un CBR 95% de 14.32%, con una dosificación del 3% de CC el valor de CBR al 95% de 13.04% y con dosificación del 10% el CC alcanza un CBR al 95% de 11.29%.

Goñas Labajos (2019), expone tesis de pregrado **Titulado:** “Estabilización de Suelos con Cenizas de Carbón para uso como subrasante Mejorada”, el cual fija como **objetivo general:** Analizar la influencia del carbón mineral y carbón vegetal de la industria de ladrillera en las propiedades mecánicas del suelo en la ciudad de Chachapoyas, empleando la **metodología:** Al realizar ensayos de laboratorio para realizar un análisis de las propiedades del suelo se afirma haber empleado un nivel de investigación descriptivo, un diseño experimental explicativo, obteniendo como **resultado:** Luego de obtener los resultados por un procesamiento en laboratorio se muestra un incremento de la capacidad del suelo esto en función al porcentaje con carbón adicionados, y finalmente **concluyo:** La ceniza de carbón mejora la capacidad portante del suelo de tipo CH y OH, a pesar de esto la estabilidad logra no cumple con los requerimientos del manual de carreteras con fines de subrasante mejorada.

Lalangue Córdova (2019), sostiene en su tesis de pregrado **Titulada:** “Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la Carretera Departamental Ruta PI-114 Emp. PE-1N (El Alto–Talara)-Emp. PI-105 (Pariñas), km:08+000.00-09+000.00, Talara – Piura, 2019”, el cual fija como **objetivo general:** Mejorar las propiedades de la carretera mediante estabilización de la subrasante adicionando aceite sulfonado, carretera departamental de Pariñas en el km: 08+000.00-09+000.00, Talara-Piura 2019, empleando la **metodología:** En el presente trabajo es de tipo de investigación

experimental con un nivel de investigación cuantitativo y un diseño experimental y aplicativo, obteniendo como **resultado:** Luego se haber realizado ensayos se firma que el aceite sulfonado logra mejorar la capacidad de soporte CBR empleando un porcentaje de 0.35l/m<sup>3</sup> y mostrando un mejor desenvolvimiento al ser mezclado con aditivo solido cal, mostrando una reducción del nivel de expansión, y finalmente **concluyo:** Manifestando que al adicionar aceite sulfonado en el proceso de estabilización de la subrasante se llega a mejorar la resistencia de la subrasante pasando de un CBR 2.1% ascendiendo su capacidad de resistencia a 8.8%.

Manrique Reynaga (2021), refiere en su tesis realizada en pregrado **Titulado:** “Aplicación de aceite sulfonado para mejorar la subrasante en la avenida La Cultura” distrito de Pacucha, Andahuaylas, Apurímac” el cual fija como **objetivo general:** Establecer la influencia del aceite sulfonado en las propiedades de la subrasante por un proceso de estabilización de la Av. “La Cultura”-distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas-2020, empleando la **metodología:** El trabajo se basa en una metodología con una investigación de tipo aplicada, el nivel de investigación empleado es explicativo y el diseño es experimental, obteniendo como **resultado:** Verifica que el porcentaje de CBR en el suelo natural del suelo natural llego a un valor de 42,3%, en tanto el CBR alcanzado con la adición de cemento Portland tipo I + aceite sulfonado en el suelo natural llega a un valor de 146%, y finalmente **concluyo:** Argumentando que el uso de aceite sulfonado más el aditivo sólido logra mejorar las propiedades mecánicas del suelos resaltando la menora del CBR.

### 2.1.2. Antecedentes internacionales

González Guerra (2018), señala en su tesis realizada en pregrado **Titulado:** “Estabilización Mecánica de los suelos cohesivos a través de la utilización de cal-ceniza volante”, el cual fija como **objetivo general:** Determinar el efecto que tienen la adición de ceniza volante y cal en la estabilización de los suelos cohesivos, ocupando una **metodología:** Cuantitativa, realizada desde un método aplicado, con un nivel explicativo y basándose en el diseño experimental, obteniendo como **resultado:** Refieren que al realizar los ensayos se muestra un

mejor resultado en la capacidad de soporte esto referente a la muestra que cuenta con un 80% de suelo un cinco por ciento de cal y la presencia del 15% de ceniza volante, y finalmente **concluyo:** Enfatizando que el uso de la cal junto a la ceniza volante en procesos de estabilización del suelo cohesivo llega a ser eficaz logrando una mejora de hasta cuatro veces el valor de CBR inicial obtenido en al 95%.

Morales Zuluaga (2018), argumenta en la tesis expuesta en pregrado **Titulado:** “Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas”, el cual fija como **objetivo general:** Realizar un análisis de los efectos del curado en el comportamiento del suelo con adición de ceniza de carbón y activadas alcalinamente, de acuerdo al objetivo planteado se hizo uso de una **metodología:** Cuantitativa, el tipo de investigación empleado es aplicada junto a un nivel de diseño explicativo, obteniendo como **resultado:** Verifica que en el ensayo de Proctor Modificado y UCS de los suelos de arcilla, arenilla vienen a ser el material representativo de la red Innovial del Municipio de Urrao, el cual se denomina “Urrao”, y finalmente **concluyo:** Destacando que la ceniza de carbón al ser adicionado al suelo de arenilla, arcilla y urrao mejoran las propiedades físicas y mecánicas pudiendo así ser empleadas en subrasante.

Cañar Tiviano (2018), argumenta en su tesios sustentada en pregrado **Titulado:** “Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”, el cual fija como **objetivo general:** Analizar la resistencia a corte en el suelo arcillosos y arenoso con ceniza de carbón buscando mejorar las propiedades mecánicas logrando determinar una mejor condición, empleando la **metodología:** Cuantitativa, donde el tipo de investigación es aplicada, el nivel de metodología es de nivel explicativo esto complementado con un diseño experimental, obteniendo como **resultado:** Menciona que en el ensayo de capacidad portante el CBR obtenido de los suelos arenosos finos más ceniza de carbón en un 2.5% aumento del 4.6%, mejorando el porcentaje de la resistencia, y finalmente **concluyo:** Argumentando que al realizar una adición de ceniza de carbón en el suelo arcilloso influye de forma favorable en las propiedades físicas y mecánicas logrando la formación

de una masa compacta y aumentando el grado de compactación mostrando así una mejora en el CBR y la resistencia al corte.

Castillo Parra (2018), da a conocer en su tesis de grado **Titulado:** “Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras”, el cual fija como **objetivo general:** Estabilizar el suelo arcillas con adición de cal viva del paso lateral Macas Km 3+000 con fines de subrasante, empleando la **metodología:** Con un diseño experimental al ser necesario realizar ensayos de laboratorio, el tipo de investigación es explicativo complementado con una metodología aplicada, obteniendo como **resultado:** Menciona que los valores de límite líquido, índice plástico y expansión se reducen y el valor de CBR se incrementa. Esto se logra al adicionar un 16% de cal al suelo arcilloso luego de un análisis teórico del diseño y costo, y finalmente **concluyo:** Destacando que se puede lograr una reducción en los costes de la cartera al realizar un tratamiento con cal en comparación del proceso de remplazo de material granular.

Páez Ruano & Díaz Cruz (2019), refiere en su tesis de pregrado **Titulado:** “Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso”, el cual fija como **objetivo general:** Determinar el efecto de la adición de aceite sulfonato en las propiedades dinámicas del material granular arcilloso mostrando pequeñas deformaciones en el material granular donde hay presencia de arcilla, empleando la **metodología:** Experimental esto sustentado en la elaboración de ensayos normados, la investigación es de tipo aplicada obteniendo así como **resultado:** Afirma que se ajustaron los resultados de los dos modelos hiperestáticos esto en relación del amortiguamiento (D), deformación de referenciada ( $\gamma_r$ ) para  $G/G_0=0.5$  y módulo de corte (G), y finalmente **concluyo:** Menciona que los efectos que muestra el aceite sulfonado llega a provocar un comportamiento dinámico favorable en el material granular.

## 2.2. Bases teóricas o científicas

### 2.2.1. Aceite sulfonado con cemento

De acuerdo con las investigaciones de los autores Camacho Tauta, Reyes ortiz, Mayorga Antolinez, & Méndez G., (2006), refieren que “el aceite sulfonado con cemento es empleado en procesos de estabilización de suelos, muestran un principio orgánico lo que origina la mezcla de sulfuro y ácidos. A causa de que este aceite es originado por un proceso de sulfito de madera reciben el nombre de aceites lignosulfonatos, al disolverse en el agua actúa con un intercambio catiónico, se caracteriza por su color pardo rojizo, el PH tiene un valor de 1.0 y su densidad es de 1.15”.

El aceite sulfonado es empleado en casos de estabilización teniendo como muestra a la empresa colombiana Acres Quím. Al emplear este material se muestra una disminución en el agua que está contenida al interior de las partículas del suelo, facilitando el proceso de compactación y los resultados que se obtienen en consecuencia, esto a causa de una acción catalizadora divide a los iones H y OH lo que suelta hidrógenos con cargas negativas y positivas, también alguna de las propiedades electrodinámicas disminuye y dividen la doble capa aglomerando las partículas de suelo y bajando la capacidad de hinchamiento. Las dosificaciones del aceite necesitan de su origen y concentración, sin embargo, es fundamental tener presente que de forma autónoma el producto se aplique, por lo que es recomendable un tiempo de curado primordial para que el intercambio de iones se suelte a cabo.

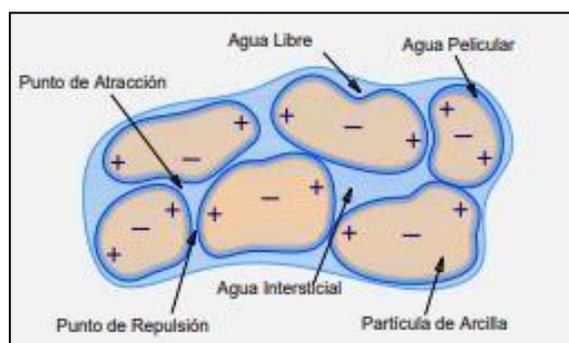


Figura 1. Sistema agua-partículas de la superficie terrestre.

Fuente: “Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la Carretera Departamental Ruta PI-114 Emp. PE-1N (El Alto-Talara)-Emp. PI-105 (Pariñas), km:08+000.00-09+000.00, Talara – Piura, 2019”-Lanague Córdova, Oscarf Elmer-2019.

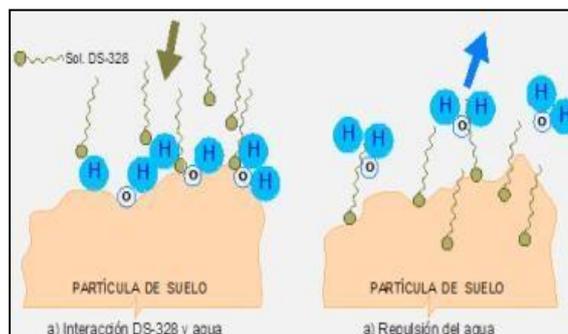


Figura 2. Proceso de intercambio en las moléculas de H<sub>2</sub>O – DS-328 – Suelo.

Fuente: “Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la Carretera Departamental Ruta PI-114 Emp. PE-1N (El Alto–Talara)-Emp. PI-105 (Pariñas), km:08+000.00-09+000.00, Talara – Piura, 2019”-Lanague Córdova, Oscarf Elmer-2019.

Tabla 1. Características básicas que muestra el aceite sulfonado.

Propiedad	Característica
Densidad-específica	(1.15)
Color	(rojizo)
pH	(1.1)

Fuente: Basado en ESTAVÍAS.

## 2.2.2. Caracterización química del aceite sulfonado

Según Paéz Ruano & Díaz Cruz (2019), “teniendo en cuenta el potencial de reactividad, así como la composición química del aceite sulfonado muestra un incremento de fragmentos de arcilla, estableciendo así las propiedades de viscosidad, el PH y la gravedad específica, así como el contenido de sulfuro, etc.”

Para Vallejo Espinoza (2015), “la composición química del aceite sulfonado muestra un gran potencial en el cambio iónico, esto al colocar pequeñas cantidades de este producto en contacto con el agua acelerando los iones h<sup>+</sup> y (OH), intercambiando las cargas eléctricas añadía a la superficie terrestre logrando así que el agua adherida destruya aquellos enlaces electroquímicos y se suelte siendo en agua suelta, que drena debido a la gravedad, evaporación y compactación”.

### 2.2.2.1. Proceso de estabilización de suelos empleado aceite sulfonado

Según Vallejo Espinoza (2015), menciona que “el aceite sulfonado se origina por una fracción del naftaleno del petróleo, sulfonado; ácido de acción corrosiva en algunos materiales orgánicos muertos y suave en los vivos. Se caracteriza por ser de color negro, la gravedad específica tiene un valor de 1.15; el Ph=1.25, muestra una viscosidad mínima del agua, al estar en contacto con el agua se ioniza con facilidad y en una solución acuosa presenta una elevada conductividad”.

### **2.2.3. Estabilización de suelos**

De acuerdo con Quezada Osoria (2017), “un suelo estable o constante es aquella donde se observa la resistencia adecuada o suficiente para no ocasionar deformaciones ni desgastes por la acción de la aplicación o de algunos agentes atmosféricos y climatológicos. La superficie terrestre o suelo natural detalla sus características, en la cual es necesario que se use para la pavimentación de un camino, sin embargo, existe algunos casos del procedimiento durante la construcción, el suelo natural no llega a presentar las propiedades necesarias para que logre ser considerado, características de equilibrio volumétrico, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad”. En algunas situaciones el ingeniero responsable llega a tener lo necesario de disponer entre aceptar el suelo tal y como se muestra, considerando su calidad; no considerando el suelo que no se encuentra apto y se logra reemplazar por otro que cumpla las condiciones; o cambiar las características de la superficie terrestre en la que no se encuentre considerable y tomando así en cuenta los requerimientos, empleando así el proceso de estabilización. La estabilización de los suelos en el pavimento muestra un doble fin el de la construcción de pavimentos, la estructura debe de ser capaz de soportar las cargas le viene a transferir el transporte. De esta forma se emplean diversas especificaciones de acuerdo al tipo de estabilización a realizar y las características del terreno, así como el material empleado para esta actividad.

De acuerdo a esto el proceso de estabilización son realizados con los siguientes objetivos:

- “Incrementar la resistencia de la superficie terrestre, sus características geotécnicas y la suficiencia de resistir.

- Disminuir la adherencia de la superficie terrestre elevada en los adhesivos.
- Incrementar la adherencia en las superficies terrestres con poca adherencia como por ejemplo los agregados finos como las arenas.
- Disminuir el Índice de plasticidad de la superficie terrestre”. (pág. 11)

Tabla 2. Consideraciones a tomar en cuenta para un proceso de estabilización de suelos para pavimentación

Consideraciones de estabilización de suelo
El suelo a emplear con un propósito de subrasante debe cumplir con un CBR < 6%
Se debe tomar previsiones ante suelos arcillosas o limosas, que al contacto con probabilidad de contaminación al pavimento
Tomas previsiones en caso de presentarse una subrasante que tengan presencia de nivel freático.
Suelo en condiciones de altitud de 4000 msnm, las ocasiones de congelamiento influye en presencia de napa freática, así como la vulnerabilidad del suelo al congelamiento
Tomas consideración de estabilizar en caso de presencia de suelos arenosos limosos o arcillosas, limos y arcillas.

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos 2013.

### 2.2.3.1. Tipos de estabilización de suelos

De acuerdo con Quezada Osoria (2017, pág. 11), nos menciona que “la estabilización de un suelo natural se logra realizar de una forma física, mecánica o química. Para disponer qué tipo de estabilización es la adecuada, para que sea fundamental el tipo de la superficie terrestre ya existente, logrando lo más común ser estabilizados los suelos limosos, arcillosos, las arenas arcillosas y las arenas limosas, y también se considera la aplicación que se le va dar a la superficie terrestre que se desee estabilizar”.

#### a) Estabilización física

“Es aquel tipo de estabilización en la que se usa para el mejoramiento en sus propiedades de la superficie terrestre, realizando modificaciones físicas en el mismo. Algunos de los tipos de estabilización física incrementada con las mezclas del suelo, vibroflotación, geotextiles y estabilización preliminar. Se

nombra que de una estabilización físico-mecánica cuando se logre un mejoramiento de la superficie terrestre a través de la incrementación de otro suelo procedente de un sitio adecuado”. (2017, pág. 11)

## **b) Estabilización mecánica**

- **Estabilización por compactación**

Es aquella estabilización que se encuentra dentro de la mecánica debido a la compactación que presenta con el fin del obtener el mejoramiento de la superficie terrestre en la cual se va construir, sin modificar su composición ni estructura inicial. 2Para ellos se usa la técnica o método de la compactación, en la que explica que se disminuye el volumen de los espacios existentes en el suelo obteniendo así la máxima densidad y una correcta división y transferencia de cargas logrando un equilibrio, sin ocasionar asentamiento. Este proceso de estabilización se realiza directamente en la zona de trabajo por un transporte de material y maquinaria realizando un proceso de amasado, compactación, presión, impacto o vibraciones”. (págs. 11-12)



*Figura 3. Proceso de estabilización por el método de compactación empleando un rodillo “pata de cabra”.*

*Fuente: “Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación”-Santiago Quezada, Osoria-2017”*

- **Estabilización por un método de cambio de material granular**

Este proceso de estabilización es realizado por una acción de cambio de material granular sustituyendo así con otro material que cumple con los requerimientos necesario para ser empleado como subrasante, o en todo caso por un proceso de combinación con el material existente del terreno complementando el requerimiento de la curva de granulometría. “De esta

forma se logra mejora la plasticidad, granulometría, y propiedades mecánicas mejorando su capacidad drenante. Este proceso es realizado directamente en la zona de trabajo con actividades” detalladas a continuación: (pág. 12)

- ✓ Extensión y ajuste de la mezcla.
- ✓ Mezcla uniforme de los elementos. Empleando tolvas dosificadoras.
- ✓ Escarificación y pulverización de la superficie terrestre, si el proceso se desarrolla en in situ, o pulverización de forma única si se desarrolla en una central de proceso de suelos.
- ✓ “Humectación y compactación de la misma hasta llegar a la densidad menor que se encuentra ordenada en la obra, en la cual en lo general es el 95 o 100% del Proctor modificado”. Quezada Osoria (2017)

- **Estabilización con geo sintéticos**

Para Quezada Osoria (2017), “el uso de geo sintéticos en la estabilización de suelos logra mejorar la capacidad portante del suelo natural, mejorando de esta forma las propiedades mecánicas del material aumentando la vida útil de la capa de rodadura en consecuencia”.

**Ventajas para la aplicación de un geo sintético:**

- Aumento del CBR, densidad
- Mejora de las propiedades mecánicas de las capas estructurales empleadas para el pavimento.
- Aumento de la vida útil de la vía.
- Incremento de los ejes semejantes del diseño de la vía. (pág. 13)



Figura 4. Uso de geotextiles como método de estabilización de las capas granulares del pavimento

Fuente: Manual de diseño con geosintéticos, Geosoft Pavco, Novena Edición.

### c) Estabilización química

- **Estabilización con cemento**

El uso del cemento como material estabilizante del suelo natural es empleado de forma usual en suelos arcillosos, esto por un proceso de mezclar y luego pasar por un proceso de compactación, con un riego superficial. “De esta forma es adecuado asegurar un excelente proceso de compactación y curado. Para el proceso de dosificación se toma en cuenta la realización de ensayos de laboratorio ensayo Proctor como en la compactación de suelos. El cemento produce una reacción química en el suelo provocando una mayor rigidez en su estructura y mejorar sus propiedades hidráulicas”. Quezada Osoria (2017, pág. 13)

Los suelos más comunes para estabilizar con este método son el suelo tipo A-1, A-2 Y A-3 del sistema de clasificación AASHTO. (pág. 13)



Figura 5. Tendido de cemento para estabilización de suelos natural

Fuente: “Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación”-Quezada Osoria, Santiago-2017.

Tabla 3. Consideraciones de dosificación en función al tipo de tipo de suelo.

Clasificación de suelos AASHTO	Intervalo común de cemento solicitado en% del peso de la superficie terrestre.
A-1-a	3 a 5
A-1-b	5 a 8
A-2	5 a 9
A-3	7 a 11
A-4	7 a 12
A-5	8 a 13
A-6	9 a 15
A-7	10 a 16

Fuente: MTC, 2014.

Algunos de los contenidos en general del MTC (2013), algunos materiales deben realizar o cumplir algunos requisitos en general, por lo que se muestra a continuación:

➤ **Áridos**

- Granulometría del suelo natural a estabilizar presenta diversas clasificaciones A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7.
- Se procura que los agregados no muestren dimensiones mayores al de las 2” o 1/3 con respecto al espesor de la capa compactada.
- Estructura química: Es la parte de sulfatos del suelo, en la cual se le conoce como SO<sub>4</sub>, en la cual no logra pasar del 0.2% en peso.
- “Solidez: En caso el material componga una capa estructural y se encuentre ubicado a una altitud de 3000 m.s.n.m, el árido grueso no debe presentar pérdidas de sulfato de magnesio mayor al 18% 18% y los elementos finos mayores al 15%”. (pág. 117)

➤ **Cemento:** El cemento se presenta como un polvo fino y suave al tacto el cual es empleado como conglomerante por su capacidad de endurecer luego de estar en contacto con el agua y producirse una reacción química. “Este es el resultado de la mezcla de la arcilla y caliza que al pasar por un proceso de calcinación y ser molidas dan como resultados el cemento. El cemento portland se clasifica en cinco tipos de acuerdo a sus características de fragua, resistencia, etc. Se tienen al cemento portland tipo I, tipo II, tipo III, tipo IV y tipo V”. (pág. 117)

➤ **Agua:** El agua deberá ser limpia y encontrarse fuera de materiales álcalis y diferentes sustancias deletéreas, por lo que su Ph es medido de acuerdo a NTP 339.073. (pág. 117)

Tabla 4. Dosificación necesaria en función a la clasificación AASHTO.

Tipo de suelo AASHTO	Intervalo común de cemento necesario		Cemento necesario para el ensayo de densidad humedad% en peso.	Cemento necesario para el ensayo de congelamiento y descongelamiento húmedo y seco% en peso.
	% por volumen	% por peso		
A-1-a	5 a 7	3 a 5	5	3-4-5-7
A-1-b	7 a 9	5 a 8	6	04/06/2008
A-2	7 a 10	5 a 9	7	05/07/2009
A-3	8 a 12	7 a 11	9	07/09/2011
A-4	8 a 12	7 a 12	10	08/10/2012
A-5	8 a 12	8 a 13	10	08/10/2012
A-6	10 a 14	9 a 15	12	10/12/2014
A-7	10 a 14	10 a 16	13	11-13-15

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia (2016)

Tabla 5. Cemento necesario para suelos arenosos del horizonte B y C.

Material recluido en la malla N°4	Material no más de 0.05 mm	Contenido de cemento en% del peso en mayor densidad seca en lb/pie <sup>3</sup>					
		105 a 109	110 a 114	115 a 119	120 a 124	125 a 129	130 a más
	0 a 19	10	9	8	7	6	5
0 a 14	20 a 39	9	8	7	7	5	5
	40 a 50	11	10	9	8	6	5
15 a 29	0 a 19	10	9	8	6	5	5
	20 a 39	9	8	6	6	6	5
	40 a 50	12	10	9	8	7	6
30 a 45	0 a 19	10	8	7	6	5	5
	20 a 39	11	9	8	7	6	5
	40 a 50	12	11	10	9	8	6

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia (2016)

Tabla 6. Cemento para suelo limoso y arcilloso horizonte B y C.

Índice de grupo	Material entre el 0.05 mm y 0.005 mm	Contenido de cemento en% del peso Máxima densidad seca en libras/pie <sup>3</sup>					
		90 a 94	95 a 99	100 a 104	105 a 109	110 a 114	115 a 119
0 a 3	0 a 19	12	11	10	8	8	7
	20 a 39	12	11	10	9	8	8
	40 a 59	13	12	11	9	9	8
	60 o más	---	---	---	---	---	---
4 a 7	0 a 19	13	12	11	9	8	7
	20 a 39	13	12	11	10	9	8
	40 a 59	14	13	12	10	10	9
	60 o más	15	14	12	11	10	9
8 a 11	0 a 19	14	13	11	10	9	8
	20 a 39	15	14	11	10	9	9
	40 a 59	16	14	12	11	10	10
	60 o más	17	15	13	11	10	10
12 a 15	0 a 19	15	14	13	12	11	9
	20 a 39	16	15	13	12	11	10
	40 a 59	17	16	14	12	12	11
	60 o más	18	16	14	13	12	11
16 a 20	0 a 19	17	16	14	13	12	11
	20 a 39	18	17	15	14	13	11
	40 a 59	19	18	15	14	14	12
	60 o más	20	19	16	15	14	13

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia (2016)

- **Estabilización con el uso de cal**

“Este proceso de estabilización es realizado por un proceso de mezcla entre la (cal anhidra o cal viva) y el suelo arcilloso modificando las propiedades del suelo, empleados para suelos de índice de plasticidad menor a 15 incrementa tanto el LL, LP e IP. Incrementando la humedad optima de compactación del suelo, logrando una densificación del suelo de una alta humedad natural. Los suelos más adecuados que deben ser estabilizados con cal son aquellos que presenta una granulometría fina”. (pág. 14)



Figura 6. Estabilización con cal

Fuente: “Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación”-Quezada Osoria, Santiago-2017.

- **Estabilización con asfalto**

Se logra estabilizar el suelo aplicando productos asfálticos con el fin de incrementar su equilibrio y llegar a una impermeabilidad de la superficie terrestre de tal forma que sea lo poco sensible a las modificaciones de humedad. “En los suelos no plásticos o arenosos se estabiliza con asfalto para realizar una acción ligante unido a la fricción de la superficie terrestre en la cual no ocasiona alteraciones de la capa mejorada en la parte inferior de la acción del tránsito. De forma general la mayoría de suelos muestra un excelente resultado en el proceso es estabilización con el uso de asfalto donde un suelo arenoso y gravoso muestran mejores resultados”. (pág. 15)



Figura 7. Proceso de estabilización de subrasante con el uso de asfalto.

Fuente: “Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación”-Quezada Osoria, Santiago-2017

**d) Estabilización de suelos con elementos no convencionales**

Según Quezada Osoria, Santiago (2017), los elementos considerados para el análisis del uso de los áridos convencionales son:

- **Estabilización de suelos con productos marinos**

“En este caso el uso de conchas chancadas sin calcinar llega a actuar como áridos estabilizando así el suelo, provocando un cambio en la granulometría, mejorando la descendencia y la plasticidad, mejorando la capacidad portante del suelo en función a la cantidad de concha empleada en la mezcla”. (2017)

- **Proceso de estabilización del suelo con conchas pico de pato y conchas de abanico**

El uso de este tipo de conchas por su fácil accesibilidad en los litorales de Perú lo vuelven una opción adecuada para estabilizar distintos suelos.

“Lo que se presentará a continuación es dos diferentes especies de moluscos filtradores de dos valvas, en la cual su dicha composición es básicamente carbonato de calcio. Se logra detallar que las valvas presentan maneras generalmente diferentes al igual que en su dimensión, como en la forma de su caparazón, forma, grosor y dureza”. (2017, pág. 16)



Figura 8. Concha de abanico (arriba) y concha pico de pato (abajo).

Fuente: “Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación”-Quezada Osoria, Santiago-2017.

### 2.2.3.2. Propiedades de la estabilización de suelos

#### a) Propiedades físicas

De acuerdo con Aliaga Rezza & Soriano Ochoa (2019) menciona lo siguiente:

- **Granulometría**

La granulometría de una superficie terrestre o suelo es aquella que señala o presenta una idea de cómo se encuentran divididos de acuerdo a las partículas de este en la muestra peculiar de la superficie terrestre o el suelo, se aplican mallas o tamices discriminadores en la que algunos materiales no son considerados, pasantes y retenidos. El tamiz es aquella herramienta principal para determinar el ensayo, en la que se presenta un instrumento compuesto por un marco rígido al que se logre unir a una malla en la que se distingue por aquel espaciado homogéneo entre hilos en la cuál es nombrado como abertura o luz de malla, se realiza mediante la muestra de la superficie terrestre o el suelo a evaluar. “La designación de los tamices es realizada en función de las medidas se realiza a través de las medidas de las aberturas del tamiz hasta los 3/8”. El proceso de análisis granulométrico por tamizado se logra determinar teniendo en cuenta una cierta cuantía o porción medida de la superficie terrestre seca, bien rociado y llegando mediante una serie de tamices moviendo al grupo. La porción del suelo retenido en cada tamiz logra al final el porcentaje acumulado de material, para luego realizar un trazo de la curva granulométrica”. (pág. 65)

Tabla 7. Clasificación del suelo en función a las dimensiones de partícula

Clasificación de material		Dimensión de áridos
	Gravas	7.5 cm – 0.475 cm
	Arenas	Arena gruesa: (0.475 cm – 0.20 cm)
		Arena media: (0.20 cm – 0.0425 cm)
		Arena fina: (0.0425 cm-0.0075 cm)
Materiales finos	Limos	(0.0075 cm-0.0005 cm)
	Arcillas	Menor a (0.0005 cm)

Fuente: MTC (2014).

Tabla 8. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.

Tamices	Abertura (mm)
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº (4)	4,760
Nº (10)	2,000
Nº (20)	0,840
Nº (40)	0,425
Nº (60)	0,260
Nº (140)	0,106
Nº (200)	0,075

Fuente: MTC (2016).

• **(LL) Límite líquido**

Es aquel diagrama esquemático calculado empleando el aparato de la figura 9, presentándose la copa de Casagrande en una base de hule duro. Al colocar “el material en la copa de Casagrande se abre un canal por el centro empleando un ranurador. Después, se eleva la copa con ayuda de la manivela para dejarla caer desde una altura de 10mm, esta acción se repite hasta cerrar el canal abierto el análisis que se realiza depende de la cantidad de golpes que fueron necesario para lograr estos objetivos para el contenido del contenido líquido”. (pág. 66)

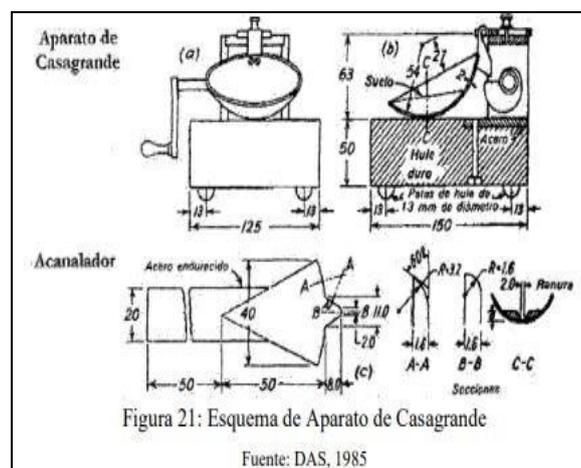


Figura 9. Copa de Casagrande empleado para el cálculo de LL.

Fuente: DAS, 1985.

- **(LP) Límite plástico del suelo**

Es una propiedad en la que se estudia el contenido de agua en relación del contenido de suelo, en este ensayo se realizan rollos de 3.2 mm de diámetro evitando que se desintegren. También se define esta propiedad como aquel límite inferior en la etapa plástica. “Esta prueba es relativamente sencilla donde se realiza un enrollado continuo a mano sobre la superficie de una placa de vidrio. De esta forma la diferencia entre el límite líquido y el índice de plasticidad se calcula el IP”. (pág. 67)

- **(IP) Índice de plasticidad**

“Esta es una propiedad que se determina por una resta entre el LL-LP siendo así una representación de un intervalo de la humedad desde un estado semisólido a semisólido. Expresa el porcentaje del peso seco del suelo con una variación de la humedad que lo mantiene dentro de un rango plástico”. (pág. 67)

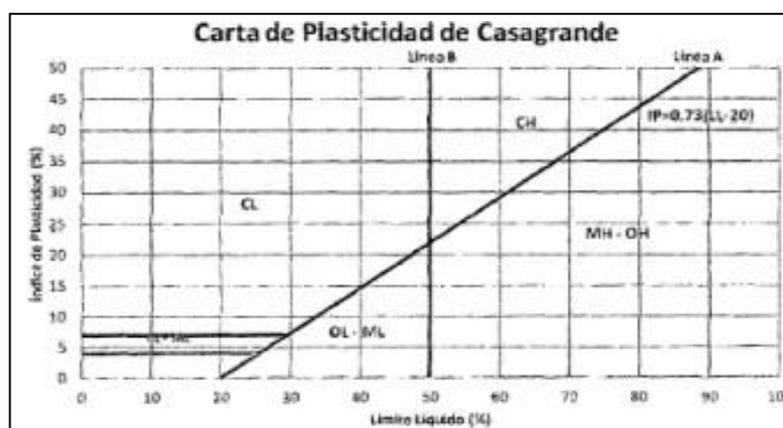


Figura 10. Carta de ubicación de datos de plasticidad

Fuente: (DAS, 1985)

Tabla 9. IP del suelo

IP	Plasticidad	Cualidad del suelo
IP>20	Nivel alto	Materiales muy arcillosos.
7<IP<20	Nivel medio	Materiales arcillosos.
IP<7	Nivel bajo	Material poco arcilloso.
IP=0	No plástica	Suelos son presencia extrema de arcilla.

Fuente: (MTC, 2016)

- **Equivalente de arena**

Es aquella en la que permite un contenido de determinación que es veloz en las partículas de la superficie terrestre, en la que se da también una idea de su plasticidad. Para el desarrollo se divide la porción arenosa de la superficie terrestre a través del tamiz N°4 y se considera un volumen de 90cm<sup>3</sup> de la misa en la probeta de forma cilíndrica en la cual presenta un diámetro de 32mm y una distancia de 430mm, en la que se estima de 2 en 2 mm. Después se meterá una disolución saturada de trabajo en la que se encuentra el cloruro cálcico, formaldehídos disueltos y la glicerina en las aguas naturales, llegando a que la mezcla se mantenga en reposo durante 10m in. Continuamente, la agrupación se moverá de una manera normal de 90 ciclos en un tiempo de 30 segundos, con aquel trayecto de una longitud de 20cm para tener una mezcla íntima. Finalmente se tiene que reposar a través de un periodo de 20 min. “El tiempo se trayecto, por lo que se debe detallar a través de un sencillo contacto visual la presencia de 2 horizontes, en la que uno de ellos pertenece a la fracción arenosa de la superficie terrestre y sobre del anterior, en relación a la porción de los finos que se presenta a continuación”. (pág. 69)

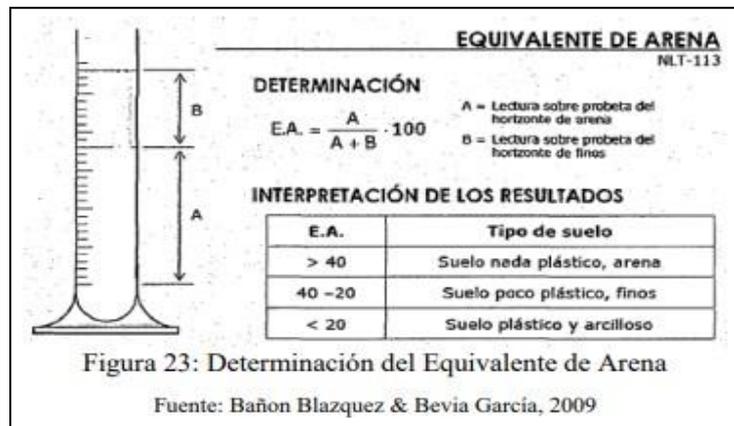


Figura 11. Equivalente de arena.

Fuente: Bañón Blazquez & Bevia García, 2009.

- **Peso específico y absorción de árido grueso**

“El peso específico es calculado en la superficie seca, llegando a ser afectado por el proceso de absorción del árido grueso, datos empleados para el proceso de diseño y cálculo de las mezclas”. (pág. 70)

Tabla 10. Muestra mínima necesaria para el ensayo.

TMN	Peso mínimo necesario
½"	2
¾"	3
1"	4
1 ½"	5
2"	8
2 ½"	12
3"	18
3 ½"	25
4"	40
4 ½"	50
5"	75
6"	125

Fuente: NTP 400.021 (2002)

**a) Propiedades mecánicas**

- **Contenido óptimo de humedad**

De acuerdo con MTC (2016), “refiere que el contenido óptimo de la humedad varía en el 2%. De esta forma el fundamental contenido de agua debe ser estado seco y húmedo del óptimo, llegando así a formar de forma precisa la curva de compactación en función al peso seco unitario. En casos el óptimo contenido de humedad resulta en una curva de compactación completamente plana, por lo que se vuelve necesario un incremento de humedad para lograr un peso unitario seco máximo bien definido, es recomendable que el contenido de agua no pase el 4%”.

- **Capacidad portante del suelo**

“El cálculo de la capacidad portante (CBR) del suelo es realizado en laboratorio buscando encontrar una humedad optima al pasar por niveles de compactación variables. Con este ensayo se mide la resistencia a efectos de corte donde el suelo este bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El porcentaje CBR se define como la fuerza necesaria requerida donde el pisón normalizado penetre a una determinada profundidad”, de esta forma la ecuación empleada para el cálculo de este valor es el siguiente: (Manual de Ensayo de Materiales (2016))

$$\% \text{ CBR} = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} \times 100$$

Los valores de carga unitaria que vienen a ser empleados en la ecuación son:

Tabla 11. Valores de la carga unitaria.

Penetración		Carga unitaria patrón		Carga estándar
mm	plg	Mpa	lb/plg <sup>2</sup>	lb
2.5	1	6.9	1,000	3,000
5	0.2	10.3	1,500	4,500
7.5	0.3	13	1,900	5,700
10	0.4	16	2,300	6,100

Fuente: “Mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante mediante la aplicación de savia de sábila en la carretera la Esperanza – Malconga, 5 km Matamarca-2018”

Tabla 12. Clasificación del suelo

N° CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0-3	Material-muy pobre	(Subrasante)	MH, OL, OH, CH	A5, A6, A7
03-jul	Pobre-Regular	(Subrasante)	CH, OL, MH, OH	A4, A5, A6, A7
jul-20	Regular	(Sub-base)	OL, SP, CL, SM, ML, SC,	A2, A4, A6, A7
20-25	Bueno	(Base; Sub-base)	GM, SW, GC	A1b, A2-5,
			SP, SM, GP	A3, A2-6
>50	Excelente	(Base)	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: “Mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante mediante la aplicación de savia de sábila en la carretera la Esperanza – Malconga, km 5 Matamarca-2018”

#### 2.2.4. Estabilización en suelos cohesivos

Según Ruano López (2012), “los suelos cohesivos se considera la alternativa de colocar dos suelos de diferentes orígenes: Uno de producto de la descomposición química de una roca granítica y el otro de origen basáltico. Ambos presentan igual granulometría por lo que presentan la misma relación de los vacíos, además estos suelos se diferencian por su estructura mineralógica y su textura”. Presentan propiedades mecánicas semejantes, en pocas palabras quiere decir que

la densidad de los suelos y la granulometría son parámetros que no se determinan de las características o de las diferencias de estas entre los suelos.

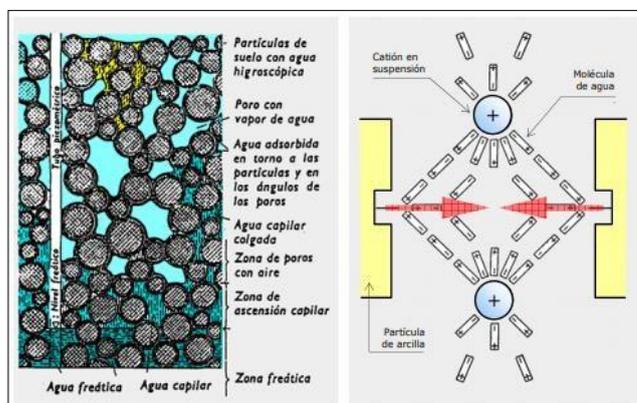


Figura 12. Cohesión de suelos plásticos

Fuente: (Bañon y Beviá, 2000).

#### 2.2.4.1. Propiedades características de un suelo cohesivo

De acuerdo con las investigaciones del autor Ruano López (2012), “las características de los suelos cohesivos, se definen por ser las que desarrollan los compuestos que se encuentran dentro de la estructura de cada suelo y los cuales se ven manifestados en la apariencia de cada uno”.

##### a) Densidad

“Se define como aquella propiedad en la que cuanto más compacto es más sólido, por lo que se presentan arcillas compactas debido a su hinchamiento en las cuales para el estado de saturación desciende la solidez y su resistencia a la erosión, la densidad de los suelos cohesivos vacila de forma general en los pequeños límites de 2.60-2.75 gr/cm<sup>3</sup>; es por ello que no inciden en la erosión”. (pág. 5)

##### b) Porosidades y humedad

Es aquella propiedad en estado natural en la que contienen la estabilidad de las fuerzas internas, cuando la porosidad es menos, es igual para la cohesión, es por ello que el suelo contiene y resiste a la erosión; con la diversidad de la humedad se cambian la resistencia a la erosión y la plasticidad. Cuando asciende la saturación, el suelo cohesivo logra pasar

del estado sólido a un estado fluido. “El límite de plasticidad es superior cuando al rolar la muestra no presenta fisura, sostiene la arcilla de diferente manera; el límite de plasticidad inferior, desciende las fuerzas de cohesión. En las arcillas que son plásticas presentan una buena resistencia a la erosión y una resistencia elasto-plástica a la fatiga que es conocida como la resistencia a las cargas pulsatorias”. (2012, pág. 6)

**c) Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>)**

“Se define como una propiedad donde hay tracción en las partículas, a consecuencia de las fuerzas moleculares, así como partículas de agua, de esta forma la cohesión llega a modificar el contenido de humedad. El suelo arcilloso llega a resultados de cohesión de entre 0.25-1.5 kg/cm<sup>2</sup>, o hasta más”. (2012)

**2.2.5. Subrasante**

Alatraste Cruz (2018), define a la subrasante como una capa de terreno que sirve como capa de soporte de la carpeta asfáltica la que se extiende hasta la profundidad, la capacidad de soporte es tomada en cuenta para el diseño de la carpeta asfáltica, le brinda un apoyo uniforme y en ciertos tramos viene a formarse a partir de rellenos y cortes del terreno. El espesor final del pavimento depende de la calidad de la subrasante, por esto es necesario que cumpla con los requerimientos básicos solicitados por el manual de carreteras, las propiedades de resistencia, compresibilidad, capacidad de expansión y contracción por efecto de la humedad deben estar. “La subrasante se reconoce como la cimentación de pavimento cuya función es de soportar las cargas que le transmitan las demás capas de pavimento dándole así un sustento. También se le define como la capa del fondo de excavación del suelo natural sobre la que se apoya la estructura del pavimento”. MTC (2014)

**2.2.5.1. Características de la superficie de subrasante**

Las propiedades y características de la subrasante son siempre tomadas en cuenta como parte del proceso de estudio de un proyecto de pavimentación, este proceso

de estudio es realizado mediante ensayos que permiten la obtención de datos reales esto por simulaciones de laboratorio.

“De esta forma se realiza un estudio para conocer las propiedades mecánicas y físicas del nivel de subrasante es realizada desde la obtención de muestras por calicatas, con las cuales se ubicará donde ira el pavimento con profundidad mínima de 1.5 metros”. MTC (2014)

Luego de obtener el valor de CBR se calificará a la subrasante en concordancia a la siguiente calicata:

Tabla 13. Clasificación de subrasante.

Categorías	CBR
Subrasante – Inadecuado (So)	$CBR < 3\%$
Subrasante – pobre (S1)	$(CBR) \geq 3\% - (CBR) < 6\%$
Subrasante – regular (S2)	$(CBR) \geq 6\% - (CBR) < 10\%$
Subrasante – buena (S3)	$(CBR) \geq 10\% - (CBR) < 20\%$
Subrasante-muy Buena (S4)	$(CBR) \geq 20\% - (CBR) < 30\%$
Subrasante – excelente (S5)	$(CBR) \geq 30\%$

Fuente: MTC (2013)

### 2.3. Marco conceptual

- a. Aceite sulfonado:** “Material aplicado para en la estabilización del suelo por lo que esta clase de aceites son de principio orgánico el cual nacen de la mezcla de sulfuros y ácidos”. Camacho Tauta, Reyes ortiz, Mayorga Antolinez, & Méndez G (2006)
- b. Arcillas:** “Parte de la clasificación del suelo el cual se caracteriza por las finas partículas finas que los componen y las propiedades plásticas que presenta y la alta cohesión”. MTC (2018).
- c. Asentamiento de suelos:** “Es aquel descenso vertical del suelo o del terraplén, ya que se debe a la consolidación o fallas de la superficie del terreno”. Cabrera Nole & Paredes Minaya (2018)
- d. Cantera:** “Lugar de extracción de los agregados para elaboración de mezclas de concreto”. Cañar Tiviano (2018)
- e. Estabilización de suelos:** “Se define de esta forma a un proceso de mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, por un proceso de incorporación de insumos químicos o trabajos de compactación y sustitución de material”. MTC (2018).
- f. Propiedades físicas del suelo:** Propiedades del suelo que definen las características del suelo como: aireación, capacidad de drenaje, rigidez, plasticidad y consistencia, necesarios para realizar una clasificación del material. Gonzales (2018).
- g. Propiedades mecánicas del suelo:** “Características que le proporcionan capacidad de soporte, esto luego de pasar por un proceso de compactación, una las principales propiedades que es tomada en cuenta para aceptar o rechazar una subrasante”. Huancoillo (2017).
- h. Subrasante:** “Es aquella superficie final de la etapa de movimiento de tierras en la cual aplica el corte y relleno, se le coloca la carpeta de asfalto o afirmado”. MTC (2014)
- i. Suelo:** “Componente natural y finito que tienen una formación aluvial que es constituido por materia orgánica, aire y agua, el cual se clasifica en función a sus propiedades físicas y mecánicas”. Quezada Osoria (2017)

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS**

#### **3.1. Formulación de Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

El aceite sulfonado con cemento estabiliza los suelos cohesivos en subrasante mejorando sus propiedades físicas y mecánicas.

##### **3.1.2. Hipótesis específica**

- a) La cantidad de aceite sulfonado con cemento favorece significativamente las propiedades mecánicas del suelo cohesivo en subrasante.
- b) El aceite sulfonado con cemento favorece significativamente en el pH de suelo natural en la estabilización del suelo cohesivo en subrasante.

#### **3.2. Variables**

##### **3.2.1. Definición conceptual de las variables**

###### **a) Variable independiente (X)**

###### **Aceite sulfonado con cemento**

Según Camacho Tauta, Reyes ortiz, Mayorga Antolinez, & Méndez G. (2006), “los aceites sulfonados y los lignosulfonatos se definen debido a que fundan en

la estabilización electroquímica, en la cual consideran un cambio de iones entre el agua ionizada por el aceite y el suelo”.

**b) Variable dependiente (Y)**

**Estabilización de suelos**

“Es un proceso en el que se emplean diversos métodos para optimizar las propiedades del suelo natural al emplear aditivos, generalmente realizado a superficies de subrasante que muestran una baja capacidad portante al clasificarla como un suelo pobre e inadecuado para cumplir un tipo de fin. De esta forma es un proceso necesario para mejorar la calidad del nivel de subbase o base granular”. MTC (2014)

**3.2.2. Definición operacional de la variable**

**a) Variable independiente (X)**

**Aceite sulfonado**

El aceite sulfonado con cemento permitirá a la subrasante mejorar las propiedades del suelo como resistencia y estabilidad en función a la dosificación empleada.

**b) Variable Dependiente (Y)**

**Estabilización de suelos**

Se medirá las propiedades físicas y mecánicas del suelo por un incremento de la capacidad del soporte del suelo así como por aumento de la densidad seca en el suelo, así como las características físicas y mecánicas.

**3.3. Operacionalización de variables**

Tabla 14. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>1: Variable Independiente</b> Aceite sulfonado con cemento	El aceite sulfonado, es un agente catalizador que produce intercambio de iones; químicamente son compuestos orgánicos derivados de sulfuros y ácidos combinados. La función más importante de estos aceites es la reducción del agua contenida entre las partículas del suelo, aumentando el número de vacíos que permiten el reacomodamiento de las partículas, bien sea por atracción entre ellas o bien por compactación. (PÁES, 2005)	Se tendrá en consideración la adición del aceite sulfonado con cemento de acuerdo a la siguiente dosificación de 3%, 5% y 7% de cemento y 0.3,0.5,0.7 l/m <sup>3</sup> de aceite sulfonado con respecto al peso de la muestra de suelo.	Cantidad de aceite sulfonado	Porcentaje de aceite sulfonado	Razón
			Cantidad de cemento	Porcentaje de cemento	Razón
<b>2: Variable Dependiente</b> Estabilización de suelos	Es un proceso en el que se emplean diversos métodos para optimizar las propiedades del suelo natural al emplear aditivos, generalmente realizado a superficies de subrasante que muestran una baja capacidad portante al clasificarla como un suelo pobre e inadecuado para cumplir un tipo de fin. De esta forma es un proceso necesario para mejorar la calidad del nivel de subbase o base granular". (MTC, 2014)	Se medirá las propiedades del suelo a través del incremento en la capacidad de soporte del suelo y el aumento de la máxima densidad seca del suelo, sus características físicas y su resistencia a la compresión.	Propiedades mecánicas	Contenido óptimo de humedad	Intervalo
				Máxima densidad seca	Intervalo
				Capacidad de soporte	Intervalo
			pH del suelo	Ensayo de potencial de hidrógeno	Intervalo
					Intervalo
		Intervalo			

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1. Método de investigación**

Según Sierra Bravo (2017), “el método científico es un procedimiento que busca formular preguntas o problemas sobre la realidad y los seres humanos, con base en la observación de la realidad y la teoría ya existente” (p.33).

En el presente plan de tesis, se iniciará la investigación con la observación directa de los procesos, y el análisis de la adición de aceite sulfonado con cemento para la estabilización de suelos cohesivos en la sub rasante.

Según estas consideraciones, en la presente investigación se aplicará el *método científico*.

#### **4.2. Tipo de investigación**

Según Lozada (2014), la “investigación aplicada tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa. Este tipo de estudios presenta un gran valor agregado por la utilización del conocimiento que proviene de la investigación básica” (p. 35). En el presente plan de tesis, evaluó de qué manera el aceite sulfonado con cemento estabiliza los suelos cohesivos en la subrasante.

Según estas consideraciones, la presente investigación es de *tipo aplicada*.

### **4.3. Nivel de la investigación**

Según Sabino (2012), define a la “investigación explicativa como aquellos trabajos donde su centro es determinar los orígenes o causas de un determinado conjunto de fenómenos y su objetivo es conocer, analizando las relaciones causales existentes o las condiciones en que ellos se producen” (p. 23).

En la investigación se pretende dar a conocer el efecto de la adición de aceite sulfonado con cemento para estabilización de suelos cohesivos en subrasante.

Según estas consideraciones, la presente investigación es de *nivel explicativo*.

### **4.4. Diseño de la investigación**

Según Espinoza Montes (2014), “considera que cuando a una investigación se necesita manipular variables, es necesario realizar un diseño experimental. Los diseños experimentales en una investigación, sirve para organizar la obtención de datos a partir de la reproducción de las propiedades del objeto de investigación en un modelo o en un prototipo” (p. 97).

Para la presente investigación se realizó pruebas y ensayos de laboratorio para llegar al objetivo principal de la investigación. De los cuales se obtendrán resultados que serán analizados y comparados entre sí y luego explicados.

Según el análisis realizado, el diseño a aplicarlo es el *diseño experimental*.

### **4.5. Población y muestra**

#### **4.5.1. Población**

Según Carrasco Díaz (2016), la población “Es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación” (p.15)

En la presente investigación, la población es el suelo en estado natural y el suelo con la adición de aceite sulfonado del sector Bajo Toterani, Distrito de Perené, Provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.

#### **4.5.2. Muestra**

Según Carrasco Díaz (2016), la muestra “es un fragmento representativo de la población, cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población” (p. 237)

La muestra fue determinada según el tipo de muestreo no probabilístico dirigido, y corresponderá al km 07+100 hasta la progresiva del km 07+250.

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

Según Marqués (2015), las técnicas de recolección de datos son un “conjunto de mecanismos, medios y sistemas de dirigir, recolectar, conservar, reelaborar y transmitir los datos sobre estos conceptos, indica que las técnicas están referidas a la manera como se van a obtener los datos y los instrumentos son los medios materiales, a través de los cuales se hace posible la obtención y archivo de la información requerida para la investigación” (p. 211).

Observación, revisión y análisis de documentos, trabajo en campo, fichas de laboratorio.

#### **4.7. Técnica de procesamiento y análisis de datos**

##### **4.7.1. Procesamiento de la información**

“El proceso consiste en generar datos que son ordenados y agrupados los que den facilidad al investigador para el proceso de análisis de la información dando respuestas a los problemas planteados, así como refutando o afirmando las hipótesis planteadas”. Giraldo Huertas (2016)

Al identificar las técnicas para la recolección de los datos, se pasa al procesamiento de la información del suelo cohesión con adición de aceite sulfonado con fines de subrasante, el tipo de análisis de los datos depende de los siguientes factores:

##### **a) Ensayo de análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos (NTP400.012, 2001)**

- En este ensayo es necesario que la muestra este completamente seco sin presencia de humedad.
- De esta forma luego de un proceso de cuarteo de material sobre una bandeja de toma como muestra un mínimo de 3 kg.

- De esta forma se pasará el material por el juego de tamices, realizando un movimiento constante con un ángulo leve de inclinación, hasta que no haya más material pasante.
- De esta forma se pesará el material retenido en cada tamiz para luego dibujar la curva granulométrica y definir el material con el que se está trabajando.

Tabla 15: Cantidad Mínima de la muestra de agregado grueso o global.

TMN aberturas-cuadradas mm (pulg)	Cantidad de muestra mínimo kg (lb)
9.5-(3/8")	1-(2)
12.5-(1/2")	2-(4)
19.0-(3/4")	5-(11)
25-(1")	10-(22)
37.5-(1 1/2")	15-(33)

Fuente: NTP 400.012, 2001

#### b) Límites de consistencia (ASTM D 4318)

En este proceso se determina el LL, Lp e IP del material en estudio.

##### ➤ Equipos y/o materiales

- Aparato de Casagrande.
- Calibrador.
- Pipeta.
- Espátula
- Ranurador.
- Tamiz N° 40.
- Envase plástico.
- 6 envases.
- Vidrio esmerilado.
- Balanza.
- Horno.
- Un par de guantes de asbesto.

##### ➤ Procedimiento

- Límite líquido

- Para ensayo de LL se toma una muestra tamizada que estará humedecida con un porcentaje de agua y mezclada uniformemente.
- Luego de esto se coloca con ayuda de la espátula en la copa de casa grande hasta obtener una superficie uniforme.
- De forma seguida con ayuda del ranurador de abre un canal por el centro, de esta forma se inicia a par pequeños golpes con ayuda de la manivela hasta cerra el canal, de esta forma se realizarán varios ensayos para obtener así el límite liquido del material.

▪ **Límite liquido**

- Se humedece una muestra de agua hasta alcanzar una masa consistente con la que se procede a realizar cintas lo más finamente posibles evitando que se agriete.
- Este proceso es realizado sobre la superficie de un vidrio, luego las tiras logradas son colocadas en taras siendo pesadas y llevadas al horno para calcular el peso seco.

El índice de plasticidad se calculará por un proceso de sustracción entre el LL-LP

**c) Ensayo del contenido de humedad en los áridos finos y grueso (NTP339.185, 2002)**

- Se determina la cantidad de material necesario para el ensayo y separarlo pesándolo.
- Se coloca una muestra húmeda en las taras para luego ser pesadas.
- Luego de este proceso de pesado pasa al horno por un periodo de 24 hrs. Esto a una temperatura de 110°C, con el fin de eliminar el contenido de humedad en la muestra.
- Luego de este proceso para a enfriarse a temperatura ambiente.
- Finalmente se calcula el contenido de humedad con los datos antes obtenidos con la fórmula correspondiente.

**d) Ensayo de Proctor modificado (NTP 339.141)**

Este ensayo es realizado en laboratorio que permite el cálculo de la relación de del peso unitario seco y el contenido de agua del suelo representado en una curva de compactación, lo que nos da como resultado la capacidad portante del material.

➤ **Equipos y/o materiales**

- Molde de 4" a 6"
- Pisón manual
- Bandeja
- Cocharon de metal
- Balanza
- Horno de secado
- Regla de metal
- Pipeta
- Tamices o mallas

➤ **Procedimiento**

▪ **Método de preparación húmeda**

- Sin el secado e la muestra, pasante por el tamiz N°4; o el de ¾" esto en función al método a emplear A, B o C. Esto determinando el contenido del agua realizado.
- De esta forma es necesario realizar cuatro especímenes incrementando consecutivamente el contenido de agua hasta lograr el cálculo del contenido adecuado de agua con diferencias del 2% consecutivo de agua.
- Se empleará 2.3 kg de suelo tamizado en la que cada espécimen empleando el método A y B y aplicando el método C. De esta forma por un aumento del agua buscando el contenido optimo, para luego dejar secar hasta evaporar el agua en temperaturas mayores a 60°C.

▪ **Análisis de preparación en seco**

- En caso la muestra se encuentra muy húmeda, reduciendo el contenido de agua por un secado de aire de material esto a una temperatura no mayor a los 60°C.
- Se pasará la muestra por el tamiz N°4. El pasante de la malla ¾" será empleado en el molde de 6".
- Las cuatro muestras con contenido de agua con adición gradual de cada 2% gradualmente.
- Empleando 32.3 kg de muestra para cada muestra.
- Luego del curado se necesita que cada espécimen se compacte

#### **e) El ensayo de CBR (ASTM D 1883)**

En este ensayo se busca determinar el índice de la resistencia de los suelos denominando la relación de valor de soporte, este ensayo se realizó sobre el suelo preparado.

##### ➤ **Equipos y/o materiales**

- Prensa para un ensayo a compresión
- Molde cilíndrico del metal  $152.4 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$  de interior de  $0,46 \text{ mm}$  ( $7 \pm 0,018''$ ) de altura
- Disco espaciador, de metal, de forma circular, de  $150,8 \text{ mm}$  de diámetro exterior y de  $61,37 \pm 0,127 \text{ mm}$ .
- Pisón de compactación.
- Placa metal
- Pistón por penetración de compactación.
- Tanque, tamices y estufa.

##### ➤ **Proceso de ensayo**

- Se pesara el molde
- Se prepara la muestra por un proceso de cuarteo, donde se dosifica cada muestra con diferentes dosificaciones del material.
- De esta forma se compactará la muestra en tres capas hasta llegar que será pesada con el molde.
- Seguido a esto se llevará la muestra a la prensa con el objeto de medir la capacidad portante del suelo.
- De la misma forma se realizará el mismo proceso para cada una de las dosificaciones.

#### **f) Ensayo de PH (NTP 339.176)**

Es aquel ensayo que calcula el grado de acidez o alcalinidad en las muestras de los suelos suspendidos en agua a través del método electrométrico.

##### ➤ **Equipos y/o materiales**

- Aparato para hallar el Ph por el método electrométrico.

- Balanza con aproximación de 0.001g.
- Bandeja no corrosiva.
- Tamiz de 2mm.
- Dos frascos volumétricos de 500 ml.
- Un frasco de plástico de lavar.
- Tres vasos de vidrio de 100 ml.

### ➤ **Procedimiento**

Método electrométrico para hallar el Ph:

- Luego de la obtención de una muestra de suelo es colocado en un vaso de precipitación de 100 ml.
- Se llega a incrementar 75 ml de agua destilada moviendo la suspensión unos minutos, tapando así la luna de reloj y dejándola reposar por un periodo de 8 horas.
- Es necesario mover el material antes del ensayo
- Se realiza una calibración del medidor de pH con una aplicación de buffer.
- Se procede a lavar el electrodo con agua destilada para luego sumergirla en la suspensión de suelo.

#### **4.7.2. Técnicas y análisis de datos**

Las técnicas de evaluación de resultados en primera instancia correspondieron al análisis univariado donde se utilizó la desviación estándar, rango y promedio de cada una de las dimensiones planteados en base a los objetivos específicos (propiedades mecánicas y pH del suelo) siguiendo lo establecido por la estadística descriptiva; posteriormente, se procedió al análisis bivariado.

#### **Requisitos del Anova**

Probar los supuestos de Normalidad mediante la Prueba de Shapiro Wilk y de Homogeneidad (igualdad de varianzas) mediante la Prueba de Levene.

Los resultados de los supuestos y de las pruebas de hipótesis se realizaron en el programa estadístico SPSS v.25.

En caso no se cumpla el supuesto de normalidad, se aplicará la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

En caso no se pruebe la igualdad de varianzas se aplicará la prueba T3 de Dunnett en vez de la prueba de rango post hoc de Tukey.

**Consideraciones de las pruebas:**

- ✓ Las pruebas de hipótesis se realizan por cada ensayo independientemente.
- ✓ Para todas las pruebas se asumirá un valor de significancia de 0.05 y se aceptara la hipótesis nula si el valor de significancia de la prueba realizada es mayor al valor de significancia asumido
- ✓ Se realiza las pruebas de normalidad y en base a ellos se define si será una prueba paramétrica o no paramétrica, si en caso cumple el supuesto de normalidad se aplicará la prueba del ANOVA de un factor.

**Prueba de supuesto de normalidad para medir las propiedades mecánicas y pH del suelo**

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Los datos provienen de una distribución normal.

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal.

**a) Propiedades mecánicas**

- Ho: Los datos provienen de una distribución normal.
- Ha: Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 16. Pruebas de normalidad del ensayo de CBR

		<b>Pruebas de normalidad</b>					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Factor del material y% de adición	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR al 95% de MDS	Material patrón sin adición de aceite sulfonado con cemento	,356	3	. ,818	3	,157	
	Suelo + 3% de Cemento+0.3 l/m3 Aceite Sulfonado	,196	3	. ,996	3	,878	
	Suelo + 5% de Cemento+0.5 l/m3 Aceite Sulfonado	,176	3	. 1,000	3	,981	
	Suelo + 7% de Cemento+0.7 l/m3 Aceite Sulfonado	,177	3	. 1,000	3	,970	

*Nota.* En función al análisis se normalidad por el método de Shapiro-Wilk, se obtuvo valores de significancia mayores 0.05, por lo que se rechaza la alterna y acepta la nula, por ende, se emplea la prueba paramétrica ANOVA.

## b) pH

- Ho: Los datos provienen de una distribución normal.
- Ha: Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 17. Prueba de normalidad del ensayo de pH

Factor del material y% de adición	Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
pH del suelo	Material patrón sin adición de aceite sulfonado con cemento	,358	3	.	,812	3	,144
	Suelo + 3% de Cemento+0.3l/m3 Aceite Sulfonado	,208	3	.	,992	3	,826
	Suelo + 5% de Cemento+0.5l/m3 Aceite Sulfonado	,238	3	.	,976	3	,702
	Suelo + 7% de Cemento+0.7l/m3 Aceite Sulfonado	,353	3	.	,824	3	,174

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*Nota.* Se muestran resultados de valores de significancia mayores a 0.05, por tanto, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, prosiguiendo así un análisis de normalidad.

## 4.8. Aspectos éticos de la investigación

Conforme a lo mencionado por Ann Reyes (2018), las implicaciones éticas del indagador son aquellas en las que se ven las partes negativas y positivas que tendría un progreso científico, en otras palabras, ver el beneficio o daño que tendría un hallazgo o progreso hacia la sociedad.

En la presente investigación, con relación a los aspectos éticos, se protegió la seguridad de los personales debidamente, no se efectuó ninguna variación en ningún área que afecte al ambiente. Del mismo modo no se infringió la propiedad de los derechos de los autores nombrados en la indagación, en este marco la propiedad intelectual este escrito adecuadamente pues que abarca los derechos de propiedad de la obra del autor.

Desde otro punto respecto a la reserva de información, de tratarse de información que incumbe al accionar y distribución de los repositorios académicos.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1. Descripción del diseño tecnológico**

Hoy en día se presentan diferentes tecnologías inteligentes de estabilización de suelos cohesivos como productos estabilizadores o método de estabilización según el tipo de material con el que se está realizando y cambiando sus propiedades físicas y mecánicas con el objetivo de mejorarlas.

Frente a ello se planteó la aplicación del aceite sulfonado en distintas dosificaciones para evaluar el aceite sulfonado con cemento y como estabiliza los suelos cohesivos en subrasante, luego del estudio se llegó a evaluar las propiedades que se modificaron y se llevó al análisis para el proceso de conclusión y recomendación.

#### **5.2. Descripción de los resultados**

Para el estudio de las propiedades de suelo se realizaron en función al MTC iniciando con la perforación de una calicata con una profundidad de 1.50 m en Bajo Toterani – Perene-Chanchamayo-Junín con el objetivo de identificar las características geotécnicas del suelo, cuyo resultado en las características de la calicata considerado como muestra patrón se especifica en la siguiente tabla.

Tabla 18. Resultado de las características geotécnicas del suelo

LL	LP	IP	SUCS	PROCTOR		CBR		
				AASHTO	OCH	MDS	100% MDS	95% MDS
28.5	13.7	14.8	SP-SC Arena mal gradada con arcilla y grava	A-1-a (0)	14.40	1.916	10.7 (%)	5.8 (%)

Nota. En la presente tabla se especifica las características geotécnicas del suelo, según el manual de carreteras se ensayó de suelos nos indica que se consideran como materiales adecuados para fines de subrasante cuando el CBR es igual o mayor de 6% se considera como pobre o inadecuada. En este caso el CBR obtenido de la subrasante es de 5.8% es decir es una subrasante “insuficiente” para lo cual se planteó para realizar la estabilización de la subrasante con la adición de aceite sulfonado con cemento con porcentajes de 3%,5% y 7% de cemento y 0.3,0.5 y 0.7 l/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado demostrando cuál de los porcentajes es lo que mayormente favorece al suelo cohesivo en la estabilización. Según lo indicado en el Manual de carreteras del MTC sección Suelos y Pavimentos, Así como también en la Documento técnico Soluciones básicas en carreteras no pavimentadas.

### 5.2.1. Análisis de Aceite sulfonado con cemento en la estabilización de suelos

Para evaluar el efecto del aceite sulfonado con cemento en la estabilización de la subrasante con suelos cohesivos se realizó el ensayo de Proctor modificado y CBR (California Bearing Ratio) cuyo ensayo consiste en la prueba del material patrón sin adición del material estabilizador y materiales experimentales para la adición al material patrón como dosificación se tiene 3%, 5%, 7% de cemento y 0.3,0.5 y 0.7 l/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado con cemento.

El ensayo de Proctor fue realizado con el fin de determinar la máxima capacidad que presenta el suelo al aplicarle una anergia de compactación, de esta forma evitando problemas por asentamiento en las obras.

Tabla 19. Resultado del ensayo Proctor modificado convencional

<b>PROCTOR</b>	<b>Material patrón</b>
MDS	1.916
OCH	14.35

Tabla 20. Resultado del ensayo Proctor modificado I

<b>PROCTOR</b>	<b>Material patrón</b>	<b>Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado</b>
MDS	1.916	1.932
OCH	14.35	11.29

Tabla 21. Resultado del ensayo Proctor modificado II

<b>PROCTOR</b>	<b>Material patrón</b>	<b>Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado</b>
MDS	1.916	2.008
OCH	14.35	10.72

Tabla 22. Resultado del ensayo Proctor modificado III

<b>PROCTOR</b>	<b>Material patrón</b>	<b>Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado</b>
MDS	1.916	2.126
OCH	14.35	9.84

Tabla 23. Resultados Completos

<b>Proctor</b>	<b>Muestra patrón</b>	<b>Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado</b>	<b>Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado</b>	<b>Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado</b>
MDS	1.916	1.932	2.008	2.126
OCH	14.35	11.29	10.72	9.84

## RESUMEN DE GRAFICOS

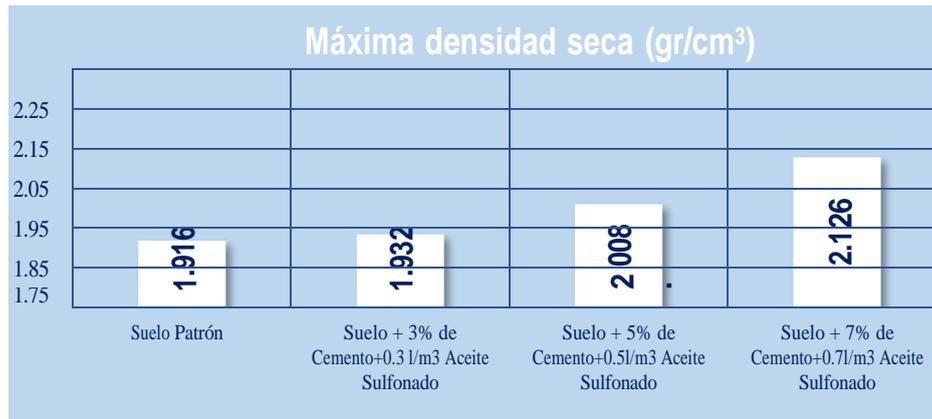


Gráfico 1. Proctor convencional y adiciones.

Nota. En el presente grafico se especifica el análisis comparativo de las pruebas de ensayo Proctor, como se puede observar la máxima densidad seca convencional es de 1.916 gr/cm<sup>3</sup>. Por lo consiguiente con las adiciones de 3%+0.3 l/m<sup>3</sup>, 5%+0.5 l/m<sup>3</sup> y 7%+0.7 l/m<sup>3</sup>. Se obtiene los siguientes resultados. 1.932 gr/cm<sup>3</sup>, 2.008gr/cm<sup>3</sup> y 2.126 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente.

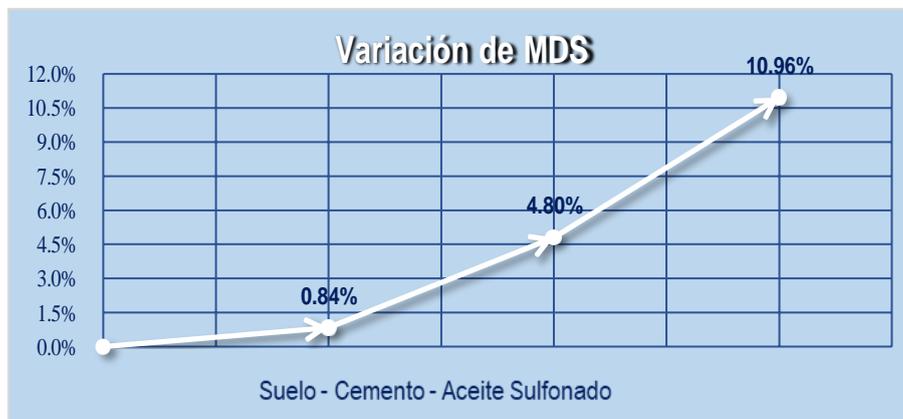


Gráfico 2. Variaciones de Proctor convencional y adiciones

Nota. En la presente tabla y el presente gráfico se especifica el análisis comparativo de las pruebas de ensayo Proctor, como se puede observar con la adición de 7% Cemento +0.7 l/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado la máxima densidad seca se incrementa un 10.96%.

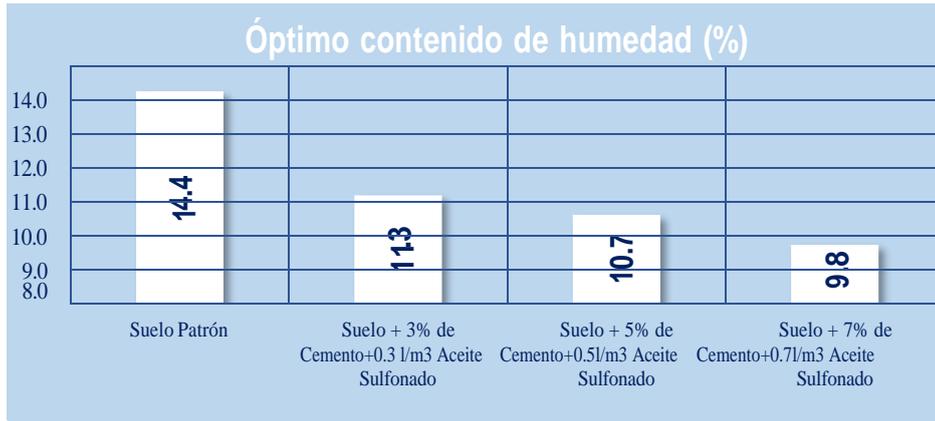


Gráfico 3. Óptimo contenido de humedad.

Nota. En la presente tabla se observa la disminución de la cantidad de humedad de las muestras trabajadas como se puede observar en el cuadro adjunto se tiene una diferencia de 4.6 % entre la muestra patrón y la adición de 7% Cemento + 0.7 l/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado.

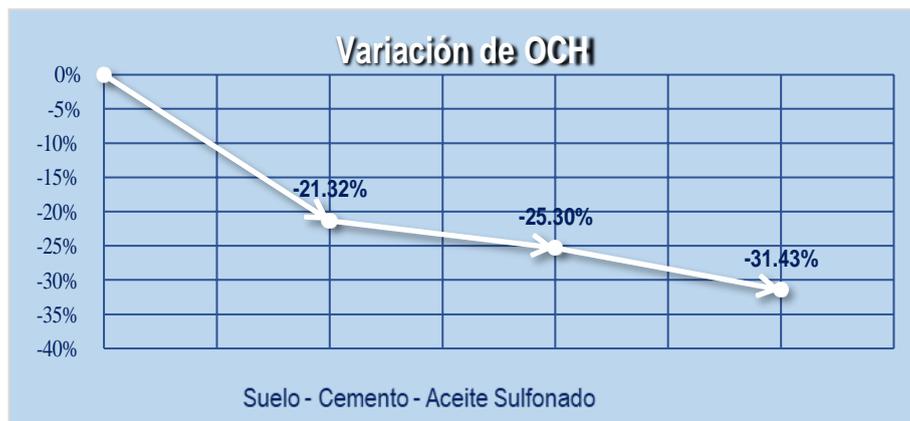


Gráfico 4. Óptimo contenido de humedad en %

Nota. En el presente gráfico se especifica la disminución del óptimo contenido de humedad. Por lo que se puede apreciar que disminuye en relación de la muestra patrón y la adición de 7% Cemento + 0.7 l/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado.

### 5.2.2. Propiedades del suelo estabilizado con aceite sulfonado y cemento

Para identificar las propiedades mecánicas del suelo se realizó el ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio) en el que se evalúa la resistencia de la capa de la subrasante, este ensayo es realizado por cada porcentaje y luego se evaluó los cambios producidos.

Tabla 24. Resultado del ensayo de CBR

<b>CBR</b>	<b>Material patrón</b>
100% DE MDS	10.70
95% DE MDS	5.80

Tabla 25. Resultado del ensayo de CBR

<b>CBR</b>	<b>Material patrón</b>	<b>Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado</b>
100% DE MDS	10.70	19.60
95% DE MDS	5.8	13.2

Tabla 26. Resultado del ensayo de CBR

<b>CBR</b>	<b>Material patrón</b>	<b>Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado</b>
100% DE MDS	10.70	36.20
95% DE MDS	5.8	28.7

Tabla 27. Resultado del ensayo de CBR

<b>CBR</b>	<b>Material patrón</b>	<b>Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado</b>
100% DE MDS	10.70	63.00
95% DE MDS	5.8	48.30

En el cuadro se especifica los resultados de los ensayos de CBR en comparación con el material patrón y material experimental conformado por los porcentajes descritos en las tablas adjuntas, donde se aprecia el incremento del valor de CBR.

Tabla 28. Resumen de resultados de CBR

<b>CBR</b>	<b>Muestra patrón</b>	<b>Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado</b>	<b>Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado</b>	<b>Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado</b>
100% de MDS	10.70	19.60	36.20	63.00
95% de MDS	5.80	13.2	28.7	48.30

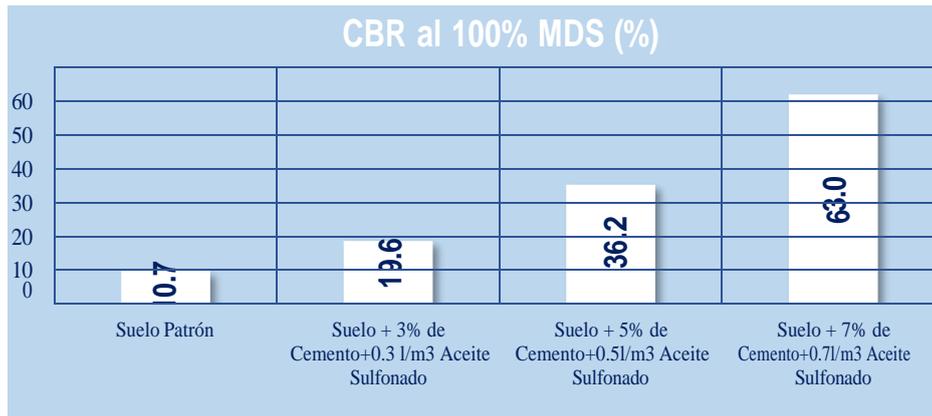


Gráfico 5. Análisis comparativo de CBR al 100 % MDS

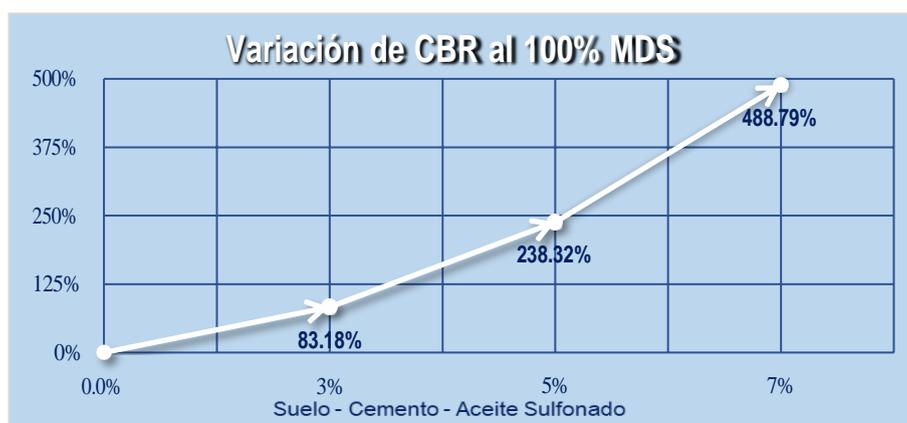


Gráfico 6. Análisis comparativo de CBR al 100 % MDS

Nota. En los presentes gráficos se especifica el incremento de resistencia de la subrasante a través del método de ensayo penetración-CBR para cada dosificación como se puede observar en el gráfico a mayor adición del aceite sulfonado con cemento hay mayor incremento en la resistencia en este caso al punto de resistencia más alto llego el CBR con adición de Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado cuyo resultado es para el 100% MDS el CBR es 63.00, en comparación con la muestra patrón.

Resultados de los ensayos del CBR al 95% de la DMS

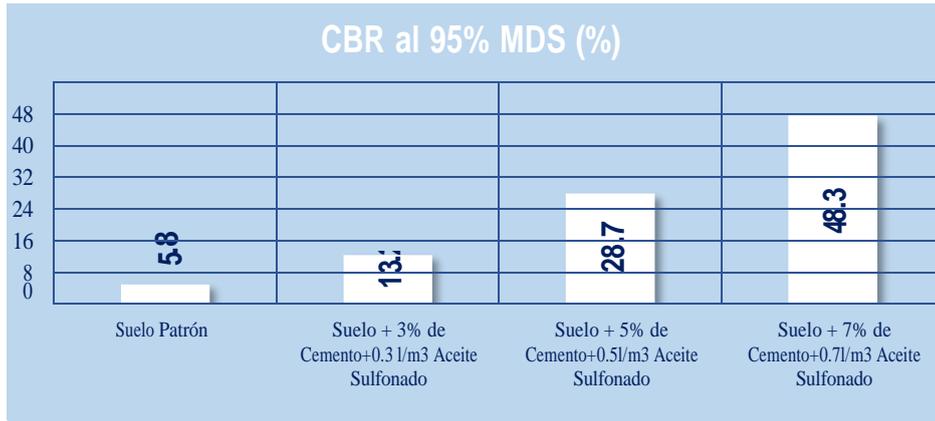


Gráfico 7. Análisis comparativo de CBR al 95 % MDS

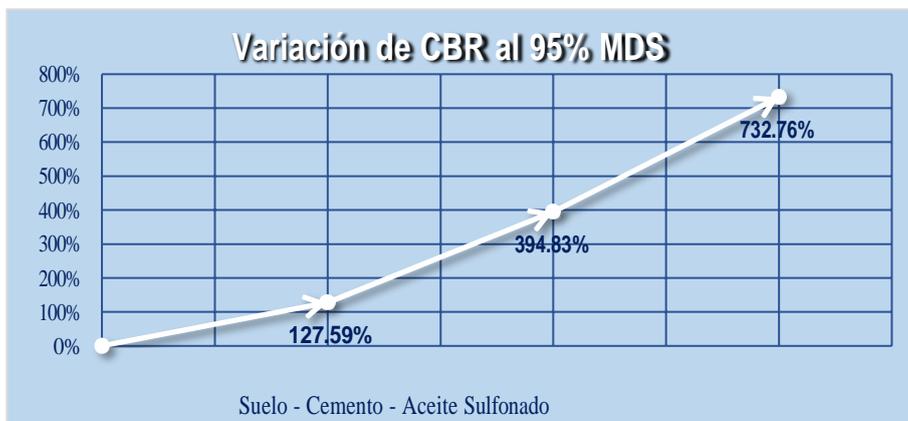


Gráfico 8. Análisis comparativo de CBR al 95 % MDS

Nota. En los presentes gráficos se especifica el incremento de resistencia de la subrasante a través del método de ensayo penetración-CBR al 95% de la máxima densidad seca, para cada dosificación como se puede observar en el gráfico a mayor adición del aceite sulfonado con cemento hay mayor incremento en la resistencia en este caso al punto de resistencia más alto llego el CBR con adición de Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado cuyo resultado es para el 95% MDS el valor de CBR es 48.3, en comparación con la muestra patrón.

### 5.2.2.1. PH del suelo cohesivo estabilizado con adición de aceite sulfonado y cemento

Tabla 29. PH con 3%, 5% y 7% de aceite sulfonado con cemento

Muestra	Suelo natural	Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado	Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado	Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado
pH	7.6	12.4	12.7	13.4

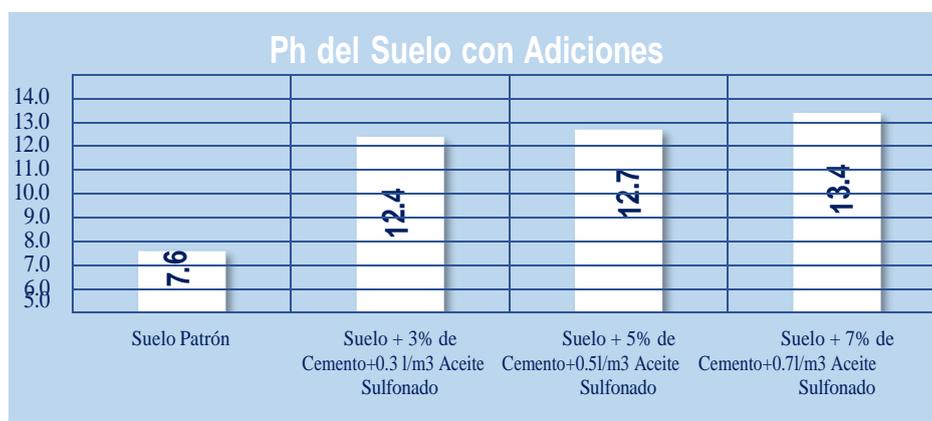


Gráfico 9. Análisis comparativo de las propiedades del suelo PH



Gráfico 10. Análisis comparativo de las propiedades del suelo estabilizado

Nota. En el presente gráfico se observa que al emplear a mayor porcentaje de adición de aceite sulfonado con cemento se incrementa más el pH del suelo, por ende en la prueba del pH del suelo natural tiene como grado de acidez: ligeramente alcalino, el pH del suelo natural + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado tienen como grado de acidez: muy fuertemente Alcalino, el pH del suelo natural + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado tienen como grado de acidez: muy fuertemente Alcalino, el pH del suelo

natural + adición de 7% de cemento+0.7l/m<sup>3</sup> con aceite sulfonado tienen como grado de acidez: muy fuertemente Alcalino.

### 5.3. Contrastación de hipótesis

#### 5.3.1. Contrastación de hipótesis general

##### **Análisis inferencial**

Para la contratación de la hipótesis general se realizó el análisis inferencial para analizar en función a las hipótesis específicas que a continuación se especifica.

#### 5.3.2. Objetivo específico 1

Determinar como la cantidad de aceite sulfonado con cemento estabiliza las propiedades mecánicas del suelo cohesivo en la Subrasante.

#### 5.3.3. Hipótesis específica 1 (prueba del investigador)

La cantidad de aceite sulfonado con cemento favorece significativamente las propiedades del suelo cohesivo en la subrasante.

##### **Exposición estadística de la prueba de hipótesis:**

El proceso de contrastación de hipótesis fue realizado para los casos de CBR al 100% con un 95% de MDS y de los datos de CBR al 100% con un MDS del 95%, en las diferentes dosificaciones de aceite sulfonado con cemento, por lo que se planteó las hipótesis nulas.

**Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):** No hay diferencias significativas al comparar las medias de los valores del ensayo de CBR de la muestra patrón con el CBR de la muestra experimental con las diferentes dosificaciones de aceite sulfonado con cemento en la estabilización de suelos cohesivos en la subrasante.

$$\mu_{\text{CBR1}} = \mu_{\text{CBR2}} = \mu_{\text{CBR3}} = \mu_{\text{CBR patrón}}$$

**Hipótesis Alterna (H<sub>a</sub>):** Si hay diferencias significativas al comparar las medias de los valores del ensayo de CBR de la muestra patrón con el CBR del diseño experimental con las diferentes dosificaciones de aceite sulfonado con cemento en la estabilización de suelos cohesivos en la subrasante.

Existe al menos un  $i/ \mu\text{CBR}_i \neq \mu\text{CBR patrón}$   
 Donde  $\mu\text{CBR}_c$ , es la media del CBR

**Formulación estadística**

Al tener la variable cuantitativa de CBR con las tres dosificaciones se trabaja de esta forma con más de dos grupos estadísticos.

**Requisitos necesarios para emplear la prueba estadística ANOVA**

Luego del análisis de prueba de normalidad, en caso el valor de significancia sea mayor al 5% se empleará la prueba paramétrica ANOVA para rechazar o aceptar la hipótesis nula.

Este análisis se realizó en el programa SPSSv.25, en caso de la prueba de normalidad presente valores menores a 5% se realizará la prueba no paramétrica Kruskal Wallis.

Se llega a asumir un valor de significancia de 0.05, de esta forma se llega a aceptar la hipótesis nula en el caso el valor de significancia sea mayor a 0.05 y se rechazara cuando se dé como resultado valores menores.

**Análisis de inferencia para CBR al 95% de MDS**

En la siguiente tabla de especifica los resultados del CBR obtenidos del ensayo de laboratorio tanto como del material patrón y material experimental.

Tabla 30. CBR de los ensayos en el laboratorio

CBR	Muestra patrón	Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado	Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado	Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado
100% de MDS	10.70	19.60	36.20	63.00
95% de MDS	5.80	13.2	28.7	48.30

**Diagnóstico del supuesto de normalidad para los datos de CBR en el 95% MDS**

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Los datos provienen de una distribución normal.

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 31. Pruebas de normalidad

Pruebas de normalidad							
Factor del material y% de adición	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
CBR al 95% de MDS	Material patrón sin adición de aceite sulfonado con cemento	,356	3	.	,818	3	,157
	Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado	,196	3	.	,996	3	,878
	Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado	,176	3	.	1,000	3	,981
	Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado	,177	3	.	1,000	3	,970

*Nota.* En función al análisis se normalidad por el método de Shapiro-Wilk, se obtuvo valores de significancia mayores 0.05, por ende, se emplea la prueba paramétrica ANOVA.

#### Prueba de supuesto de homogeneidad para el CBR con 95% MDS:

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Si hay una igualdad en la varianza de los datos

Ha: No hay una igualdad en las varianzas de los datos

Tabla 32. Análisis de la homogeneidad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas			
CBR al 95% de MDS			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,758	3	8	,233

*Nota.* De acuerdo al valor de significancia obtenido siendo mayor al 0.05 se empleará la prueba paramétrica Anova.

## Análisis de la hipótesis por la prueba anova para el CBR AL 95% MDS

Tabla 33. Anova para el CBR al 95% de MSD

ANOVA de un factor					
CBR al 95% de MDS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	10804,474	3	3601,491	113432,798	,000
Intra-grupos	,244	8	,032		
Total	10804,728	11			

*Nota.* Según el análisis de los resultados obtenidos con un valor de 0.00 menor al valor de significancia de 5% planteado, se llega a aceptar la hipótesis, de forma seguida se asegura que hay una diferencia en los valores de significativas en los resultados del CBR y el convencional mostrando así una variación en la resistencia del suelo estabilizado.

Tabla 34. Post hoc de Tukey

HSD de Tukey <sup>a</sup>					
Factor del material y% de adición	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Material patrón sin adición de aceite sulfonado con cemento	3	49,967			
Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado	3		70,033		
Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado	3			365,967	
Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado	3				792,033
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

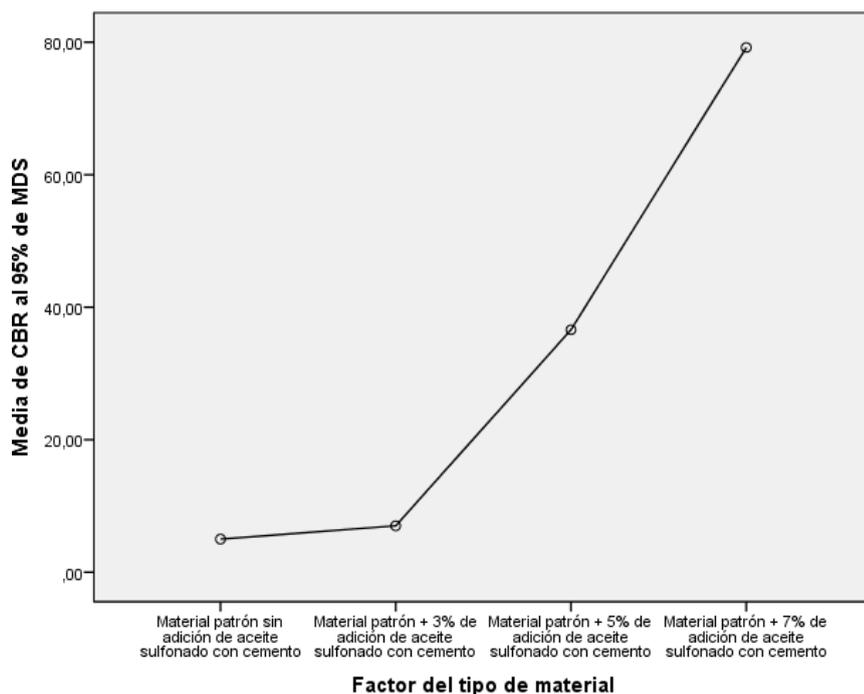


Gráfico 11. Medias de CBR 95% MDS

*Nota.* Los valores obtenidos luego de la prueba de Tukey se muestra una variación entre los resultados de los sub conjuntos, visualizándose así una clara diferencia entre la muestra convencional y los diseños con dosificaciones, evaluando así con un valor de significancia del 5% en el 95% de MDS los valores de CBR del ensayo de los materiales experimentales son significativamente mayores que los ensayos de material patrón, pero el que mejor efecto tienen es el ensayo de CBR con adición del 7% de aceite sulfonado con cemento y así concluimos que los valores del CBR al 95% de MDS con adición de aceite sulfonado con cemento mejora significativamente las propiedades del suelo cohesivo al estabilizar la subrasante.

### **Análisis inferencial para el CBR al 100% de MDS**

Según la tabla 26, resultados de CBR se realiza el análisis inferencia para el CBR al 100% de MDS.

Exposición de hipótesis:

H<sub>0</sub>: Los valores vienen a ser resultantes de una distribución normal

H<sub>a</sub>: Los valores vienen a ser resultantes de una distribución normal

Tabla 35. Análisis de hipótesis por normalidad

Factor del material y% de adición		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR al 100% de MDS	Material patrón sin adición de aceite sulfonado con cemento	,314	3	.	,893	3	,363
	Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado	,177	3	.	1,000	3	,967

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*Nota.* El resultado en las pruebas de Shapiro Wilk, denotan valores de significancia mayores a 0.05, por tanto, por lo que se deniega la hipótesis nula.

#### **Evaluación del supuesto de Homogeneidad para los CBR con el 100% MDS:**

Propuesta de la hipótesis:

Ho: Hay una igualdad de la varianza de los resultados.

Ha: Se muestra la existencia en la igualdad de varianzas de los resultados.

Tabla 36. Resultados de homogeneidad de las varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas			
CBR al 100% de MDS			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,015	3	8	,435

*Nota.* En concordancia con este resultado del análisis de por el método de Levene, se muestra un valor de significancia mayor al 5%, rechazando así la hipótesis nula, sustentando que hay una igualdad de varianzas entre los diseños. De esta forma se procede a realizar la prueba ANOVA.

#### **Evaluación de la valides de la hipótesis por ANOVA del CBR al 100% de MDS**

Tabla 37. Prueba de ANOVA de un factor

<b>ANOVA de un factor</b>					
CBR al 100% de MDS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	16,257,089	3	5,419,030	414,193,351	,000
Intra-grupos	,105	8	,013		
Total	16,257,194	11			

*Nota.* En concordancia al análisis de los resultados el valor de significancia es 0.000 menor al 5%, verificando así que se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que hay diferencias significativas entre la muestra convencional y el resultado de las demás dosificaciones.

Al existir una igualdad en la varianza se emplea la prueba post Tukey con el objeto de determinar cuál de los grupos muestra mejores resultados relacionados a la resistencia.

#### **Análisis de prueba post hoc Tukey con el 100% MDS**

Tabla 38. Resultado del análisis de post hoc de Tukey

<b>CBR al 100% de MDS</b>					
HSD de Tukey <sup>a</sup>					
Factor del material y% de adición	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Material patrón sin adición de aceite sulfonado con cemento	3	59,000			
Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado	3		124,000		
Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado	3			490,000	
Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado	3				984,967
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se empleo medidas para el subconjunto homogénea  
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

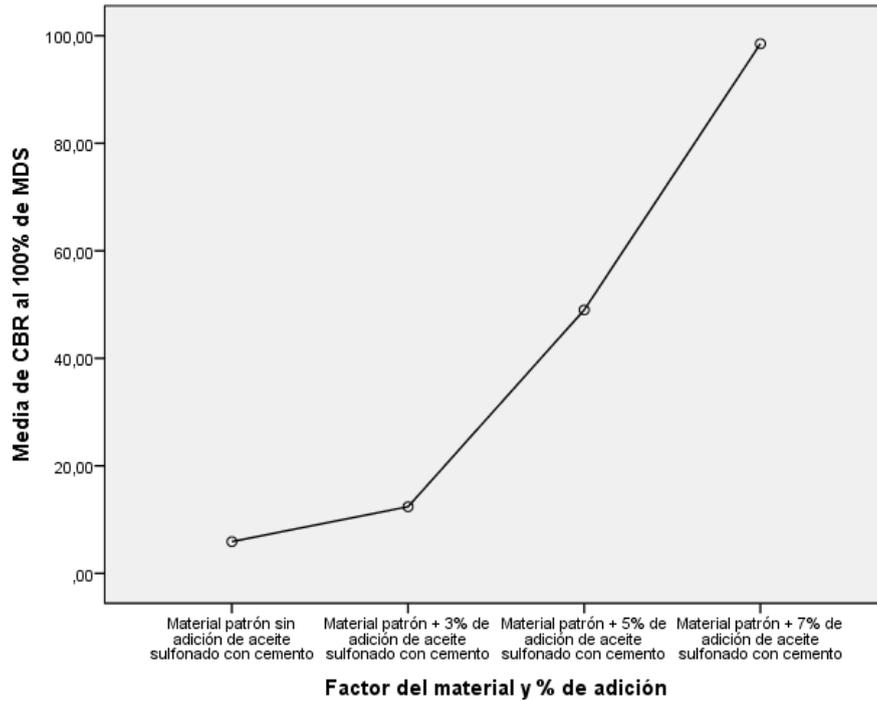


Gráfico 12. Medias de CBR 100% MDS

*Nota.* Los resultados de la prueba de Tukey nos especifican que entre los cuatro subconjuntos existe variación significativa en los valores resultantes de la muestra convencional y las muestras con dosificación que presentan mejores resultados, pero el que mejor efecto tiene es el ensayo de CBR con adición del 7% de aceite sulfonado con cemento y así concluimos que los valores del CBR al 100% de MDS con adición de aceite sulfonado con cemento mejora significativamente las propiedades del suelo cohesivo al estabilizar la subrasante.

#### 5.3.4. Objetivo específico 2

Determinar de qué forma favorece la adición el aceite sulfonado con cemento en el pH de la estabilización del suelo cohesivo en la subrasante.

#### 5.3.5. Hipótesis específica 2 o del investigador

El aceite sulfonado con cemento favorece significativamente la alcalinidad en la estabilización del suelo cohesivo en subrasante.

#### Análisis estadístico de la hipótesis:

Para realizar una contrastación de esta hipótesis realizando una comparación de los valores de pH del suelo natural para subrasante y de las muestras estabilizada con adición de aceite sulfonado con cemento.

**Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):** No hay diferencias significativas al comparar las medias de los valores del pH de suelo cohesivo natural con el pH del suelo cohesivo estabilizado con las diferentes dosificaciones parámetros de aceite sulfonado con cemento.

$$\mu_{pH1} = \mu_{pH2} = \mu_{pH3} = \mu_{pH \text{ patrón}}$$

**Hipótesis Alterna (H<sub>a</sub>):** Si hay diferencias significativas al comparar las medias de los valores del pH de suelo cohesivo natural con el PH del suelo cohesivo estabilizado con las diferentes dosificaciones parámetros de aceite sulfonado con cemento.

Existe al menos un  $i/ \mu_{pHi} \neq \mu_{pH \text{ patrón}}$

Donde  $\mu_{pHc}$ , es la media del pH

### **Prueba estadística**

Los valores de PH varían en función a la dosificación empleada de esta forma se trabajó con más de dos grupos.

### **Requisito necesario para el análisis ANOVA**

Luego del análisis de prueba de normalidad, en caso el valor de significancia sea mayor al 5% se empleará la prueba paramétrica ANOVA para rechazar o aceptar la hipótesis nula.

Este análisis se realizó en el programa SPSSv.25, en caso de la prueba de normalidad presente valores menores a 5% se realizará la prueba no paramétrica Kruskal Wallis.

Se llega a asumir un valor de significancia de 0.05, de esta forma se llega a aceptar la hipótesis nula en el caso el valor de significancia sea mayor a 0.05 y se rechazara cuando de como resultado valores menores.

### **Análisis inferencial para el pH del suelo natural y estabilizado**

En la siguiente tabla se especifica los resultados del pH obtenidos del ensayo de laboratorio tanto como del material patrón y material experimental.

Tabla 39. Resultados del pH de los ensayos de laboratorio

Muestra	Suelo natural	Suelo natural + 3% de aceite sulfonado con cemento	Suelo natural + 5% de aceite sulfonado con cemento	Suelo natural + 5% de aceite sulfonado con cemento
pH	7.6	12.4	12.7	13.4

### **Análisis del supuesto de normalidad de los datos de pH**

Análisis de la hipótesis:

Ho: Los datos obtenidos proceden de la distribución normal.

Ha: Los resultados no proceden de una distribución normal.

Tabla 40. Resultados de la prueba de normalidad

Factor del material y% de adición		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH del suelo	Material patrón sin adición de aceite sulfonado con cemento	,358	3	.	,812	3	,144
	Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado	,208	3	.	,992	3	,826
	Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado	,238	3	.	,976	3	,702
	Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado	,353	3	.	,824	3	,174

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*Nota.* Se muestran resultados de valores de significancia mayores a 0.05, por tanto, aceptando así la hipótesis nula, prosiguiendo así un análisis de normalidad.

### **Análisis del supuesto de Homogeneidad el pH de suelo**

Evaluación de la hipótesis:

Ho: Muestra igualdad en la varianza de los valores resultantes

Ha: No hay muestras de igualdad de varianza entre valores resultantes.

Tabla 41. Prueba de homogeneidad de varianzas

<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>			
pH del suelo			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,160	3	8	,086

*Nota.* De acuerdo al resultado anterior se presenta un valor de significancia de 0.086 mayor a 0.05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula, afirmando que existe igualdad de varianzas entre los diseños. De esta forma se realizó un análisis por el método ANOVA.

### **Análisis ANOVA de un factor para el pH de suelo**

Tabla 42. Anova de un factor

<b>ANOVA de un factor</b>					
pH del suelo					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	63,892	3	21,297	905,633	,000
Intra-grupos	,188	8	,024		
Total	64,081	11			

*Nota.* De acuerdo el análisis se obtiene el valor de significancia de 0.000 menor al 5%, por este motivo se acepta la hipótesis planteada para el investigador, afirmando la existencia de diferencias significativas entre los valores de PH de la muestra convencional y las demás muestras experimentales, seguido a esto para determinar en cuál de los ensayos se presentó un mejor efecto en el pH del suelo estabilizado se realizó la prueba de post hoc Tukey.

### **Análisis de la prueba de post hoc Tukey para el pH de suelo**

Tabla 43. Prueba de post hoc de Tukey

<b>pH del suelo</b>				
HSD de Tuena				
Factor del material y% de adición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Material patrón sin adición de aceite sulfonado con cemento	3	75,667		
Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado	3		123,900	
Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado	3		126,500	
Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado	3			134,267
Sig.		1,000	,239	1,000

Se muestra los valores medidos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

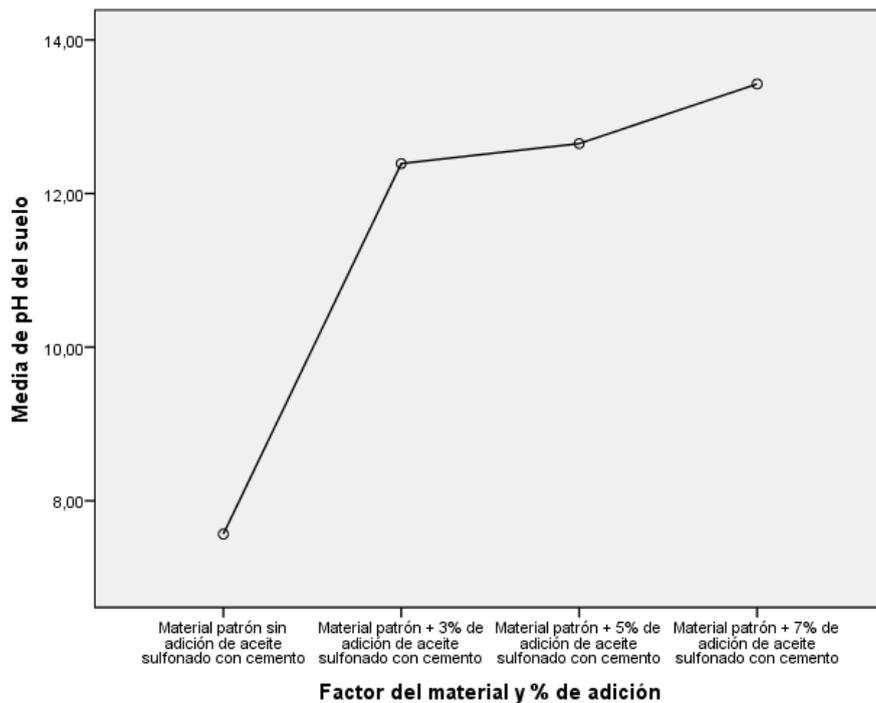


Gráfico 13. Media del pH del suelo

*Nota.* De acuerdo a la prueba de Tukey muestra que entre los tres subconjuntos se muestra diferencias significativas entre el material convencional y el suelo con dosificaciones de aceite sulfonado con cemento de esta forma se concluye que con un significancia del 5% los valores del pH de los materiales experimentales son significativamente mayores que los ensayos de material patrón, pero el que mejor efecto tienen es con la adición del 7% de aceite sulfonado con cemento y así

concluimos que los valores con adición de aceite sulfonado con cemento aumenta el pH del suelo cohesivo al estabilizar la subrasante.

## CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1. Discusión de resultados con antecedentes

- En relación al objetivo general planteado: Se obtuvo en la prueba experimental del ensayo Proctor modificado la adición de aceite sulfonado con cemento según las dosificaciones planteadas anteriormente para la estabilización de suelos cohesivos el cual aumenta el grado de compactación del suelo por que a mayor adición de materiales estabilizantes mayor es el grado de compactación, al respecto lo demostró el autor Lalangue (2019), afirma en su investigación titulado “Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la Carretera Departamental Ruta PI-114 Emp. PE-1N (El Alto–Talara)-Emp. PI-105 (Pariñas), km:08+000.00-09+000.00, Talara – Piura, 2019” que el aceite sulfonado aumenta la compactación del suelo inestable, el cual en su proceso de desarrollo realizó análisis comparativo sometiendo a diferentes ensayos, el desempeño del aceite sulfonado al estabilizar la subrasante.
- En relación al primer objetivo específico: Se obtuvo que la capacidad de soporte del suelo cohesivo mejora altamente con el material patrón + adición de 7% de cemento + 0.7 l/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado ya que en el material patrón obtuvo en la prueba de CBR al 100% una DMS de 10.70% y en el material experimentado obtuvo un CBR al 100% un valor de 63.00% de su MDS y en relación de CBR al 95% se obtuvo un valor de 48.30% el cual está sobre encima de los requerido por la norma técnica

Peruana ya que solicita valores de CBR mayores a 6% , al respecto lo demostró el autor Páez & Díaz (2019) citado como antecedente nacional, en su tesis titulado “Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso” que el aceite sulfonado sobre el comportamiento dinámico del material es favorable ya que en el proceso de su investigación evaluó la deformación y el módulo de corte.

- En relación al segundo objetivo específico: Se obtuvo al estabilizar la subrasante con suelos cohesivos con adición de aceite sulfonado con cemento aumenta el grado de acidez ya que al determinar el pH de suelo natural se obtuvo como grado de acidez: Ligeramente alcalino y ejecutar las diferentes dosificaciones de aceite sulfonado con cemento se obtuvo como grado de acidez: Muy fuertemente alcalino al respecto lo demostró el autor Manrique Reynaga (2021) en su tesis titulado “ Aplicación de aceite sulfonado para mejorar la subrasante en la avenida La Cultura distrito de Pacucha, Andahuaylas, Apurímac” citado como antecedente nacional que el aceite sulfonado mejora significativamente el grado de acidez y capacidad de soporte del suelo geotécnicamente inestable.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que la estabilización de suelos cohesivos para la subrasante con adición de aceite sulfonado con cemento mejora relevantemente la máxima compacidad del suelo, puesto que los resultados muestran una clara mejora en las propiedades de resistencia mecánica.
- La adición del aceite sulfonado con cemento para la estabilización de suelos cohesivos mejora de manera significativa en la resistencia potencial de la subrasante puesto que el CBR del material patrón al 95% MDS obtuvo 5.8% mientras que el material patrón + aceite sulfonado con cemento en sus diferentes dosificaciones se obtuvieron 13.2, 28.7 y 48.30 en relación al CBR al 95% MDS respectivamente. Elevando satisfactoriamente los resultados y de este modo brinda una adecuada subrasante cumpliendo con lo requerido por la norma, que menciona que se debe de trabajar con valores de CBR mayores a 6%.
- La adición del aceite sulfonado con cemento para la estabilización de suelos cohesivos influye de manera significativa sobre el potencial de hidrogeno de la subrasante puesto que el valor de pH del material patrón obtuvo 7.6 mientras que el material patrón + aceite sulfonado con cemento en el pH obtuvo 12.4, 12.7 y 13 en sus diferentes dosificaciones de aceite sulfonado con cemento respectivamente.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pruebas del desempeño de aceite sulfonado a través de más métodos de ensayo en este caso puede ser el ensayo a compresión simple en dicha prueba se realiza después del curado de muestras cilíndricas compactados a la edad de 3 días y 7 días para someter a compresión.
- Para la estabilización de suelos cohesivos es recomendable probar más materiales estabilizantes para que en el diseño al contar con un CBR adecuado se puede reducir el espesor de las estructuras del pavimento y al reducir el espesor asimismo se reduce los costos en la construcción de las vías pavimentadas.
- Es recomendable adicionar el aceite sulfonado con cemento para mejorar la capacidad portante del terreno para la construcción de viviendas ya que como prueba de ensayo se emplearía el ensayo del corte directo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alatraste Cruz, P. J. (2018). Aplicación del diseño del MTC 2014 para optimizar la transitabilidad vehicular en pavimentos rígidos. Proyecto Plazas de peaje Vía Expresa Línea Amarilla - Lima, 2018.". Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima.
2. Aliaga Rezza, F. R., & Soriano Ochoa, C. E. (2019). Análisis comparativo de estabilización con cemento portland y emulsión asfáltica en bases granulares. Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima.
3. Alvarez Risco, A. (2020). Justificación de la Investigación. Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, 3.
4. Ann Reyes, M. (12 de Julio de 2018). Blogger. Obtenido de Blogger: <http://meryanguaita.blogspot.com/>
5. Bueno Regalado, J. A., & Torre Maza, H. D. (2019). Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación. Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Huaraz.
6. Cabrera Nole, J. I., & Paredes Minaya, J. N. (2018). Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal Izquierdo, Provincia de Santa – Ancash – 2018. Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Chimbote.
7. Camacho Tauta, J. F., Reyes ortiz, O. J., Mayorga Antolinez, C., & Méndez G., D. F. (30 de septiembre de 2006). Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas. Ciencia Ingeniería Neogranadina, 9.
8. Cañar Tiviano, E. S. (2018). Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón. Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato.
9. Carrasco Díaz, S. (2016). Metodología de la Investigación.
10. Castillo Parra, B. F. (2018). Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras. Tesis de grado, Universidad de Cuenca, Ingeniería de vialidad y transportes, Cuenca.
11. Espinoza Montes, C. (2014). Metodología de la Investigación.

12. Giraldo Huertas, J. J. (2016). Manual para los seminarios de Investigación en Psicología.
13. González Guerra, A. J. (2018). Estabilización Mecánica de los suelos cohesivos a través de la utilización de cal - ceniza volante. Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ingeniería Civil, Guatemala.
14. Goñas Labajos, O. (2019). Estabilización de Suelos con Cenizas de Carbón para uso como subrasante Mejorada. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Chachapoyas.
15. Hernández, R., Fernández, C., & Lucio, B. (2006). Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill.
16. Lalangue Córdova, ó. E. (2019). “Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la Carretera Departamental Ruta PI- 114 Emp.PE-1N (El Alto–Talara) - Emp. PI-105 (Pariñas), km:08+000.00 - 09+000.00, Talara – Piura, 2019”. Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Piura.
17. Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: definición, propiedad intelectual e industria. Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, 35.
18. Manrique Reynaga, J. F. (2021). Aplicación de aceite sulfonado para mejorar la subrasante en la avenida "La Cultura" distrito de Pacucha, Andahuaylas, Apurímac-2020. Tesis de Pregrado , Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima.
19. Marquez, F. C. (2015).
20. Méndez, C. (2012). Inducción en la Investigación. Obtenido de Justificación de la Investigación.
21. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos .
22. Morales Zuluaga, D. (2018). Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas. Tesis de Pregrado, Universidad de Medellín, Facultad de Ingenierías, Medellín.
23. MTC. (2013). Especificaciones técnicas generales para construcción. Lima: Setiembre de 2015.
24. MTC. (2016). Manual de ensayo de materiales. Lima: Edición Mayo de 2016.
25. MTC. (2016). Manual de ensayo de materiales. Lima: Edición mayo de 2016.

26. Paéz Ruano, J. E., & Díaz Cruz, L. F. (2019). Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso. Tesis de Grado, Universidad Santo Tomás, Ingeniería Civil, Bogotá.
27. Páez Ruano, J. E., & Díaz Cruz, L. F. (2019). Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso. Tesis de Grado, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá.
28. Quezada Osoria, S. (2017). Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación. Tesis de Pregrado, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Piura.
29. Ruano López, D. R. (2012). Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva. Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ingeniería Civil, Guatemala.
30. Sabino, C. (2012). El proceso de investigación. Caracas: Panamericana.
31. Sierra Bravo, R. (2017). Ciencias sociales, epistemología, lógica y metodología. Madrid: Paraninfo.
32. Vallejo Espinoza, J. D. (23 de Mayo de 2015). SCRIBD. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/266342950/Accion-Del-Aceite-Sulfonado-Sobre-Las-Particulas-Del-Suelo>.

## **ANEXOS**

**Anexo N°01: Matriz de consistencia**

## ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<b>Problema general:</b>	<b>Objetivo general:</b>	<b>Hipótesis general:</b>	<b>Variable Independiente:</b>			<b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</b> Científico. <b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Aplicada. <b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Explicativa. <b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> El diseño de investigación utilizará un esquema Experimental, considerando que el análisis a realizar es demostrable en todo el proceso. <b>POBLACIÓN Y MUESTRA:</b> <b>POBLACIÓN.</b> En la presente investigación, la población será el suelo en estado natural y el suelo con la adición de aceite sulfonado del sector Bajo Toterani, Distrito de Perené, Provincia de Chanchamayo, departamento de Junín. <b>MUESTRA:</b> La muestra será determinada según el tipo de muestreo no probabilístico dirigido, y corresponderá al km 07+100 hasta la progresiva del km 07+250. <b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:</b> Recolección de datos <b>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS:</b> Estadístico y probalístico.
¿De qué manera el aceite sulfonado con cemento estabiliza los suelos cohesivos en la subrasante?	Evaluar de qué manera el aceite sulfonado con cemento estabiliza los suelos cohesivos en subrasante.	El aceite sulfonado con cemento estabiliza los suelos cohesivos en subrasante mejorando sus propiedades físicas y mecánicas.	Aceite sulfonado con cemento	Cantidad de aceite sulfonado	Porcentaje de aceite sulfonado	
<b>Problemas específicos:</b>	<b>Objetivos específicos:</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Variable dependiente:</b>	Cantidad de cemento	Porcentaje de cemento	
¿Cómo la cantidad de aceite sulfonado con cemento estabiliza las propiedades mecánicas del suelo cohesivo en la subrasante?	Determinar como la cantidad de aceite sulfonado con cemento estabiliza las propiedades mecánicas del suelo cohesivo en la Subrasante.	La cantidad de aceite sulfonado con cemento favorece significativamente las propiedades mecánicas del suelo cohesivo en subrasante.	Estabilización de suelos	Propiedades mecánicas	. Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado	
¿De qué forma la adición de aceite sulfonado con cemento favorece en el pH de suelo natural en la estabilización del suelo cohesivo en la subrasante?	Determinar de qué forma favorece la adición el aceite sulfonado con cemento en el pH de suelo natural en la estabilización del suelo cohesivo en l a subrasante.	El aceite sulfonado con cemento favorece significativamente en el pH de suelo natural en la estabilización del suelo cohesivo en subrasante.		pH del suelo	PH para Material patrón + adición de 3% de cemento+0.3l/m3 con aceite sulfonado Material patrón + adición de 5% de cemento+0.5l/m3 con aceite sulfonado Material patrón + adición de 7% de cemento+0.7l/m3 con aceite sulfonado	

**Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables**

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>1: Variable Independiente</b> Aceite sulfonado con cemento	El aceite sulfonado, es un agente catalizador que produce intercambio de iones; químicamente son compuestos orgánicos derivados de sulfuros y ácidos combinados. La función más importante de estos aceites es la reducción del agua contenida entre las partículas del suelo, aumentando el número de vacíos que permiten el acomodamiento de las partículas, bien sea por atracción entre ellas o bien por compactación. (PÁES, 2005)	Se tendrá en consideración la adición del aceite sulfonado con cemento de acuerdo a la siguiente dosificación de 3%, 5% y 7% de cemento y 0.3,0.5,0.7 l/m <sup>3</sup> de aceite sulfonado con respecto al peso de la muestra de suelo.	Cantidad de aceite sulfonado	Porcentaje de aceite sulfonado	Razón
			Cantidad de cemento	Porcentaje de cemento	Razón
<b>2: Variable Dependiente</b> Estabilización de suelos	Es un proceso en el que se emplean diversos métodos para optimizar las propiedades del suelo natural al emplear aditivos, generalmente realizado a superficies de subrasante que muestran una baja capacidad portante al clasificarla como un suelo pobre e inadecuado para cumplir un tipo de fin. De esta forma es un proceso necesario para mejorar la calidad del nivel de subbase o base granular". (MTC, 2014)	Se medirá las propiedades del suelo a través del incremento en la capacidad de soporte del suelo y el aumento de la máxima densidad seca del suelo, sus características físicas y su resistencia a la compresión.	Propiedades mecánicas	Contenido óptimo de humedad	Intervalo
				Máxima densidad seca	Intervalo
				Capacidad de soporte	Intervalo
			pH del suelo	Ensayo de potencial de hidrógeno	Intervalo
					Intervalo
		Intervalo			

**Anexo N°03: Matriz de operacionalización de instrumento**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>1: Variable Independiente</b> Aceite sulfonado con cemento	Cantidad de aceite sulfonado	Porcentaje de aceite sulfonado	Razón
	Cantidad de cemento	Porcentaje de cemento	Razón
<b>2: Variable Dependiente</b> Estabilización de suelos	Propiedades mecánicas	Contenido óptimo de humedad	Intervalo
		Máxima densidad seca	Intervalo
		Capacidad de soporte	Intervalo
	pH del suelo	Ensayo de potencial de hidrógeno	Intervalo
			Intervalo
			Intervalo

**Anexo N°04: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación**

2021

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

NORMA  
NTP – ASTM - AASHTO



**“ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE”**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E  
HIDRÁULICA

GEO TEST V S.A.C.



# SUELO NATURAL

RLC: 20606529229

PSJ. GRAU #211 - CHILCA

T. 099328852 / 052525151

GEO TEST V S.A.C.

GEOTEST.V@GMAIL.COM

LABORTESTV02@GMAIL.COM

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA GEO  
TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211 CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM  
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOEST.V@GMAIL.COM  
CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C. RUC : 20606529229

Proyecto : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
Peticionario : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA Canteras : -  
Ubicación : BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMAYO-JUNIN Clase de material : MATERIAL DE CALICATA  
Estructura : VARIOS N° de muestra : M-01  
Expediente N° : EXP-27-GEO-TEST-V-2021 Fecha de emisión : 05/10/2021  
Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06

Métodos de prueba estándar para la distribución del tamaño de partículas (graduación) de suelos mediante análisis de tamiz - ASTM D-6913

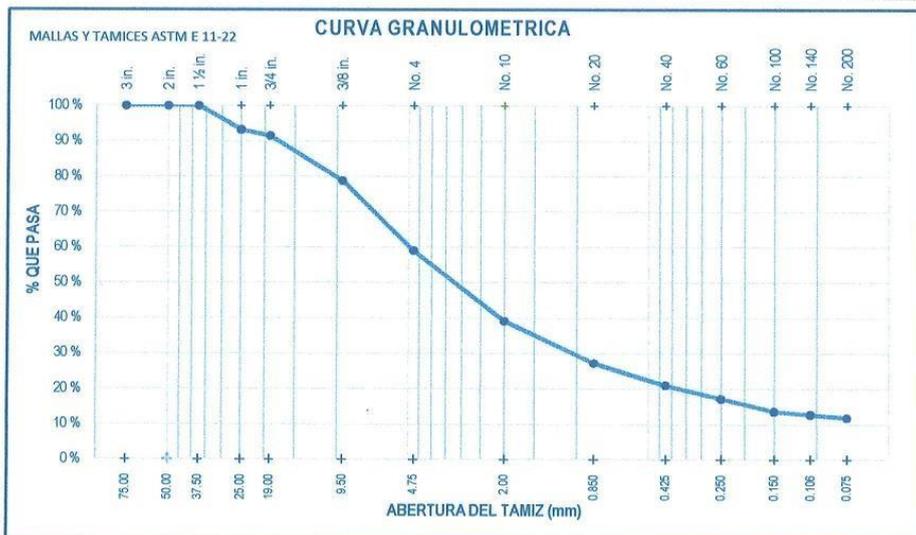
FP-CP-01  
Revision: 01  
Hoja: 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3 in.	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2 in.	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½ in.	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 in.	25.00	243.06	6.85	6.85	93.15
¾ in.	19.00	60.46	1.70	8.55	91.45
¾ in.	9.50	449.13	12.66	21.21	78.79
No. 4	4.75	699.65	19.71	40.92	59.08
No. 10	2.00	709.85	20.00	60.92	39.08
No. 20	0.850	419.22	11.81	72.74	27.26
No. 40	0.425	223.76	6.30	79.04	20.96
No. 60	0.250	134.18	3.78	82.82	17.18
No. 100	0.150	129.25	3.64	86.46	13.54
No. 140	0.106	30.00	0.85	87.31	12.69
No. 200	0.075	31.90	0.90	88.21	11.79
FONDO		418.5	11.79	100.00	0.00
TOTAL		3548.96	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

GRAVA	40.92 %
ARENA	47.29 %
FINO	11.79 %
TOTAL	100.00 %

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : SP-SC
Nombre del grupo (SUCS) : ARENA MAL GRADADA CON ARCILLA Y GRAVA
Clasificación AASTHO, ASTM D-3282 : A-1-a (0)
Tipo usuales de materiales : FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA
Clasificación General Subrasante : EXCELENTE A BUENO



*Luis Gamarra Espinoza*  
Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA GEO  
TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-DHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM  
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEDTEST.V@GMAIL.COM  
CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229



Proyecto : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
Peticionario : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA Cantera : -  
Ubicación :BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMAYO-JUNIN Clase de material : MATERIAL DE CALICATA  
Estructura : VARIOS N° de muestra : M-01  
Expediente N° : EXP-27-GEO-TEST-V-2021 Fecha de emisión : 05/10/2021  
Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06

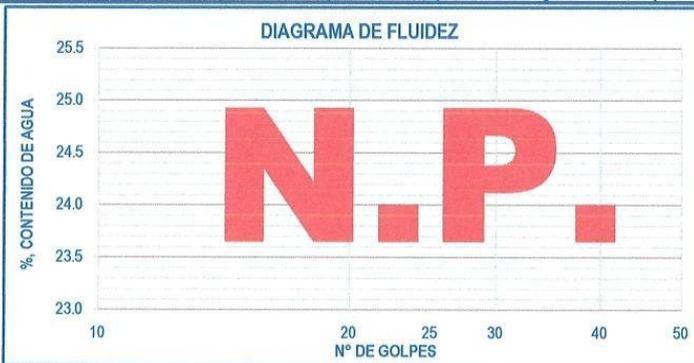
FP-CP-01  
Revision: 01  
Hoja: 02 de 02

Métodos de prueba estándar para límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos, ASTM D4318-17e1

Método de preparación: Via Humeda

Porcentaje retenido en el Tamiz No. 40: 79.04 %

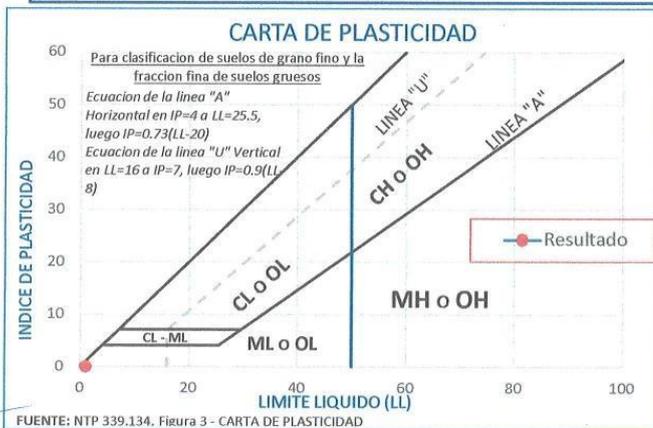
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
Nro. De cápsula	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo seco (g)	-	-	-	-
Masa cápsula (g)	-	-	-	-
Masa del agua (g)	-	-	-	-
Masa del suelo seco (g)	-	-	-	-
Contenido de humedad %	-	-	-	-
Nro. De golpes	-	-	I	II



LÍMITE LÍQUIDO  
LL.: N.P.

LÍMITE PLÁSTICO  
LP.: N.P.

ÍNDICE PLÁSTICO  
IP.: N.P.



CONTENIDO DE AGUA, ASTM D-2216, %	
Código de recipiente	P-07
Masa de recipiente (g)	14.20 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	85.60 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	80.20 g
Masa de agua (g)	5.40 g
Masa de suelo seco (g)	66.00 g
Contenido de Agua %	8.18 %



Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211 - CHILCA

E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOTEST.V@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

Proyecto : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"

Peticionario : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA

Cantera : -

Ubicación :BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMAYO-JUNIN

Clase de material : MATERIAL DE CALICATA

Estructura : VARIOS

N° de muestra : M-01

Expediente N° : EXP-27-GEO-TEST-V-2021

Fecha de emisión : 05/10/2021

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06

**Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))**

ASTM D1557-12 (2021)

FP-CP-02

Condiciones Ambientales: Temperatura 16.6 °C  
Humedad Relativa 57%

Revision: 01  
Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	56	56	56	56
Masa suelo + molde (g)	10,950.0	11,204.0	11,285.0	11,221.0
Masa molde (g)	6,547.0	6,547.0	6,547.0	6,547.0
Masa suelo compactado (g)	4,403.0	4,657.0	4,738.0	4,674.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,155.0	2,155.0	2,155.0	2,155.0
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.043	2.161	2.199	2.169

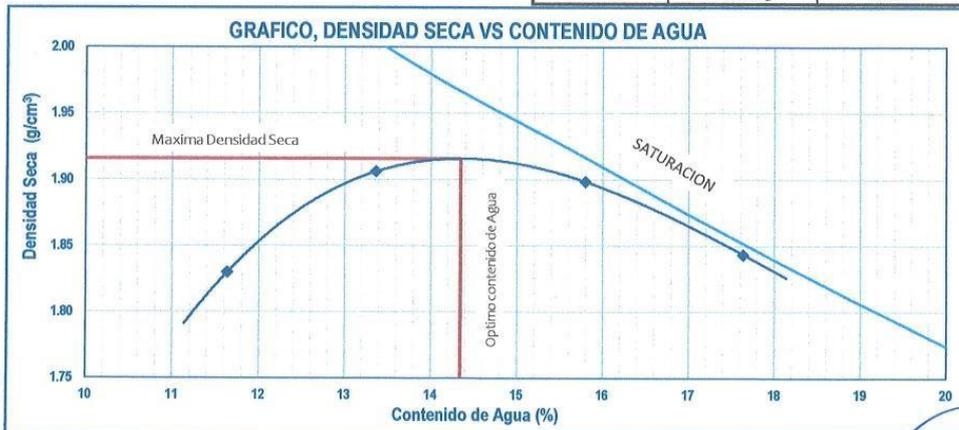
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	245.8	325.6	299.5	305.2
Tara + suelo seco (g)	233.0	300.0	274.0	275.9
Masa de agua (g)	12.8	25.6	25.5	29.3
Masa de tara (g)	123.0	108.5	112.6	109.8
Masa de suelo seco (g)	110.0	191.5	161.4	166.1
Humedad (%)	11.64	13.37	15.80	17.64
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.830	1.906	1.899	1.844

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	6,547.0
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	2,155.0

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> ):	1.916
Máxima Densidad Seca (Mg/m <sup>3</sup> ):	1915.98
Óptimo Contenido de Humedad (%):	14.35
Peso Unitario Seco (kN/m <sup>3</sup> ):	18790

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	6458 g	13.50
3/8 in.	5879 g	12.29
N° 4	4896 g	10.24
PASANTE N° 4	30588 g	63.96
TOTAL	47821 g	100.00



Luis Gamarrá Espinoza  
 INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOEST.V@GMAIL.COM  
 DELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C  
 RUC : 20606529229

**Proyecto** : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
**Peticionario** : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA **Cantera** : -  
**Ubicación** :BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMA **Clase de material** : MATERIAL DE CALICATA  
**Estructura** : VARIOS **N° de muestra** : M-01  
**Expediente N°** : EXP-27-GEO-TEST-V-2021 **Fecha de emisión** : 05/10/2021  
**Codigo de formato** : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	56		25		10	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12608.0	12909.0	12337.0	12680.0	11892.0	12271.0
Peso de molde (g)	8097.0	8097.0	7961.0	7961.0	7591.0	7591.0
Peso del suelo húmedo (g)	4511.0	4812.0	4376.0	4719.0	4301.0	4680.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.123	2.264	2.059	2.221	2.024	2.202
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	299.5	880.3	325.6	836.0	299.5	855.1
Peso suelo seco + tara (g)	275.0	765.7	299.2	716.5	274.0	721.0
Peso de tara (g)	105.0	88.3	113.0	105.1	98.0	125.0
Peso de agua (g)	24.5	114.6	26.4	119.5	25.5	134.1
Peso de suelo seco (g)	170.0	677.4	186.2	611.4	176.0	596.0
Contenido de humedad (%)	14.41	16.92	14.18	19.55	14.49	22.50
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.855	1.937	1.804	1.858	1.768	1.798

EXPANSION					
	FECHA	HORA	Expansion		
			Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes
Inicio	2023-06	10:30	2.34	2.15	4.48
Final	2023-06	11:00	5.21	4.900	6.93
Expansión	mm		2.87	2.750	2.45
	%		2.392	2.292	2.042

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial, mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial, mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial, mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.010	2.62			0.011	2.74			0.004	1.88		
0.050		0.023	4.24			0.014	3.11			0.009	2.50		
0.075		0.040	6.27			0.021	3.97			0.013	2.99		
0.100	70.31	0.056	8.20	8.5	12.0	0.029	4.95	5.0	7.1	0.017	3.48	3.5	5.0
0.150		0.089	12.26			0.042	6.54			0.024	4.34		
0.200	105.46	0.115	15.40	15.2	14.5	0.056	8.25	8.4	7.9	0.030	5.07	5.4	5.1
0.250		0.137	18.13			0.068	9.72			0.037	5.93		
0.300		0.155	20.35			0.078	10.94			0.043	6.66		
0.400		0.183	23.68			0.087	12.04			0.048	7.27		
0.500		0.200	25.80			0.090	12.40			0.052	7.76		



*[Signature]*  
 Luis Gamarras Espinoza  
 INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**



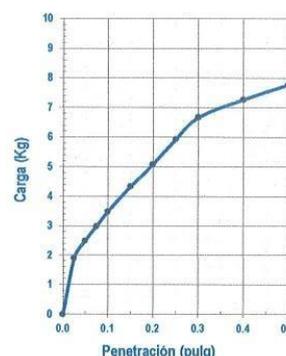
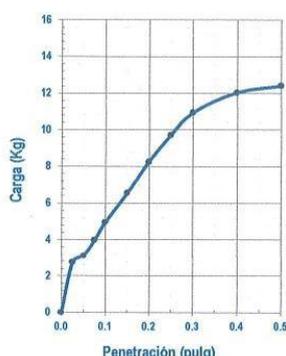
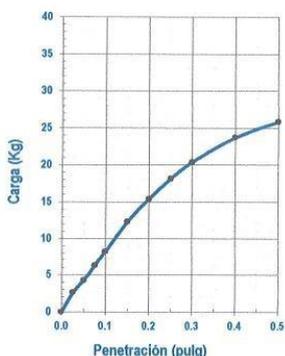
DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 CHILCA  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL DRDGE CON AV. LEONCIO PRADO)  
 DELICULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093  
 E-MAIL : LABGEDTESTVQ2@GMAIL.COM  
 GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C  
 RUC : 20606529229

**Proyecto** : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
**Peticionario** : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA  
**Ubicación** :BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMA\*  
**Estructura** : VARIOS  
**Expediente N°** : EXP-27-GEO-TEST-V-2021  
**Codigo de formato** : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06  
**Cantera** : -  
**Clase de material** : MATERIAL DE CALICATA  
**N° de muestra** : M-01  
**Fecha de emisión** : 05/10/2021

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**

MTC E 132

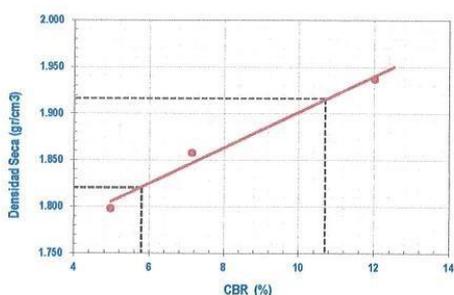
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	12.0 %
CBR (0.2")	14.5 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.937

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	7.1 %
CBR (0.2")	7.9 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.858

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	5.0 %
CBR (0.2")	5.1 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.798



Metodo de compactación : ASTM D1557  
 Maxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.916  
 Optimo contenido de humedad (%) : 14.3  
 95% maxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.820

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	10.7	0.2"	12.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	5.8	0.2"	6.2

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 10.7 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5.8 (%)

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPL-CRT-ART 6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



*Luis Gamarra Espinoza*  
**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



**LABORATORIO  
GEO TEST V S.A.C.**  
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

# PERFIL ESTATIGRÁFICO

👤 RUC: 20606529229  
📍 PSJ. GRAU #211 - CHILCA

🌐 GEO TEST V S.A.C.  
✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN	UR BRAD N° 211 CHILCA (REF A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROVIARIO, CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)	E-MAIL	LABGOTESTV02@GMAIL.COM GOTESTV@GMAIL.COM
CELULAR	952525151 - 972831911 - 991375093	FACEBOOK	GEO TEST V S.A.C
		RUC	20606529329

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO**

PROYECTO: : Tesis: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
 SOLICITA: : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA.  
 TRAMO: -  
 UBICACIÓN: : BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMAYO - JUNIN  
 MATERIAL: : Calicata -N° 01

TECNICO: A.Y.G  
 FECHA: Oct 2021

EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO						
PROFUNDIDAD (cm)	SUCS	ALTURAS	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	ESTRATOS	DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	SIMBOLOGÍA DE ESTRATOS
0.00		0.1m	-	-	Suelo orgánico, presencia de vegetación.	
-0.10						
-0.20						
-0.30						
-0.40						
-0.50						
-0.60						
-0.70						
-0.80						
-0.90						
-1.00						
-1.10						
-1.20						
-1.30						
-1.40	SP-SC	2.4 m	8.18%	MI	Arena Mal Gradada Con arcilla y Gravas en presentacion de areniscas, de coloracion marron claro.	
-1.50						
-1.60						
-1.70						
-1.80						
-1.90						
-2.00						
-2.10						
-2.20						
-2.30						
-2.40						
-2.50						

Observaciones: El punto de investigacion estuvo a cargo del solicitante



Luis Camarita Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



**SUELO NATURAL  
+ 3% CEMENTO +  
0.3 L/m<sup>3</sup> ACEITE  
SULFONADO**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA

E-MAIL : LABGEDTESTVD2@GMAIL.COM

(REF: A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROBARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOTEST.V@GMAIL.COM

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

Proyecto : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"

Peticionario : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA

Cantera : BAJO TOTERANI-calicata

Ubicación : BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMAYO-JUNIN

Clase de material : Suelo Natural +3% Cemento + 0.3 L/m<sup>3</sup> Aceite Sulfonado

Estructura : VARIOS

N° de muestra : M-01

Expediente N° : EXP-27-GEO-TEST-V-2021

Fecha de emisión : 05/10/2021

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06

**Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))**

ASTM D1557-12 (2021)

FP-CP-02

Condiciones Ambientales: Temperatura 15 °C  
 Humedad Relativa 36%

Revision: 01  
 Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	56	56	56	56
Masa suelo + molde (g)	10,636.0	11,113.0	11,179.0	11,150.0
Masa molde (g)	6,547.0	6,547.0	6,547.0	6,547.0
Masa suelo compactado (g)	4,089.0	4,566.0	4,632.0	4,603.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,155.0	2,155.0	2,155.0	2,155.0
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.897	2.119	2.149	2.136

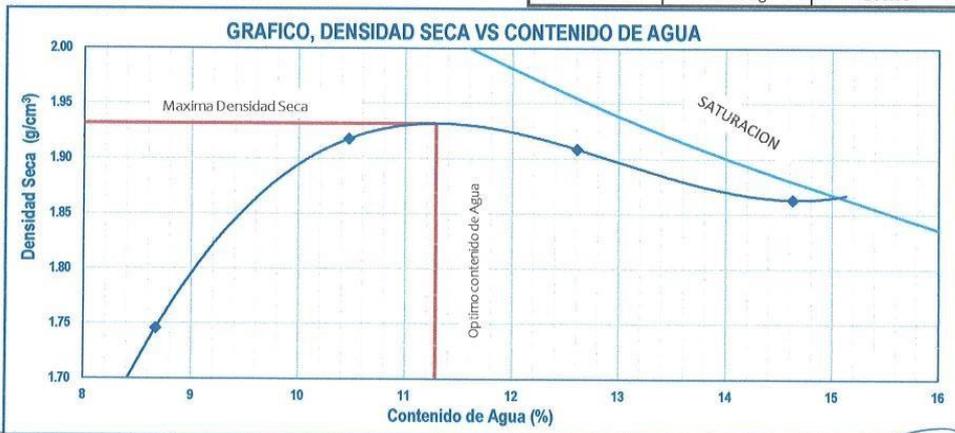
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	396.5	526.4	465.2	390.6
Tara + suelo seco (g)	372.6	485.6	422.8	357.6
Masa de agua (g)	23.9	40.8	42.4	33.0
Masa de tara (g)	97.0	96.0	86.5	132.0
Masa de suelo seco (g)	275.6	389.6	336.3	225.6
Humedad (%)	8.67	10.47	12.61	14.63
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.746	1.918	1.909	1.863

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	6,547.0
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	2,155.0

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> ):	1.932
Máxima Densidad Seca (Mg/m <sup>3</sup> ):	1931.81
Óptimo Contenido de Humedad (%):	11.29
Peso Unitario Seco (kN/m <sup>3</sup> ):	18945

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	6458 g	13.50
3/8 in.	5879 g	12.29
N° 4	4896 g	10.24
PASANTE N° 4	30588 g	63.96
TOTAL	47821 g	100.00



*Luis Gamarra Espinoza*  
 Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN	: JR. GRAU N° 211 - CHILCA	E-MAIL	: LABGEOESTV02@GMAIL.COM
	(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE DON AV. LEONCIO PRADO)		GEOESTV@GMAIL.COM
CELULAR	: 952525151 - 972631911 - 991375093	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A.C
		RUC	: 20606529229

**Proyecto** : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"

**Peticionario** : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA **Cantera** : BAJO TOTERANI-calicata

**Ubicación** :BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMA **Clase de material** : Suelo Natural +3% Cemento + 0.3 L/m<sup>3</sup> Aceite Sulfonado

**Estructura** : VARIOS

**Expediente N°** : EXP-27-GEO-TEST-V-2021 **N° de muestra** : M-01

**Codigo de formato** : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06 **Fecha de emisión** : 05/10/2021

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
 MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	-		-		-	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12551.0	12846.0	12224.0	12567.0	11679.0	12058.0
Peso de molde (g)	8097.0	8097.0	7961.0	7961.0	7591.0	7591.0
Peso del suelo húmedo (g)	4454.0	4749.0	4263.0	4606.0	4088.0	4467.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.096	2.235	2.006	2.168	1.924	2.102
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	465.2	880.3	467.2	836.0	465.2	855.1
Peso suelo seco + tara (g)	426.8	765.7	429.8	716.5	425.8	728.4
Peso de tara (g)	82.6	88.3	89.4	71.0	84.2	86.6
Peso de agua (g)	38.4	114.6	37.4	119.5	39.4	126.7
Peso de suelo seco (g)	344.2	677.4	340.4	645.5	341.6	641.8
Contenido de humedad (%)	11.16	16.92	10.99	18.51	11.53	19.74
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.886	1.911	1.808	1.829	1.725	1.756

EXPANSION					
	FECHA	HORA	Expansión		
			Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes
Inicio	2023-06	10:30	2.34	2.15	4.48
Final	2023-06	11:00	5.21	6.300	6.93
Expansión	mm		2.87	4.150	2.45
	%		2.392	3.458	2.042



PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial, mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial, mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial, mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.018	3.63			0.016	3.36			0.011	2.71		
0.050		0.039	6.18			0.032	5.32			0.020	3.80		
0.075		0.065	9.36			0.046	7.04			0.027	4.67		
0.100	70.31	0.091	12.54	12.8	18.2	0.062	9.00	9.1	12.9	0.034	5.54	5.5	7.9
0.150		0.142	18.73			0.090	12.43			0.046	7.07		
0.200	105.46	0.184	23.80	23.5	22.2	0.116	15.61	15.9	15.0	0.057	8.38	8.8	8.4
0.250		0.217	27.91			0.140	18.54			0.070	9.90		
0.300		0.249	31.70			0.162	21.23			0.080	11.21		
0.400		0.290	36.75			0.176	22.94			0.091	12.51		
0.500		0.318	40.05			0.184	23.80			0.094	12.95		



*Luis Gamarra Espinoza*  
**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

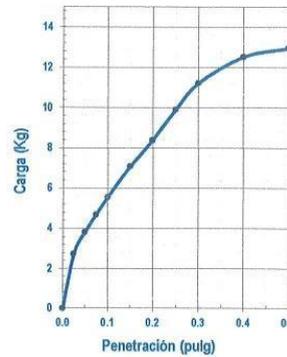
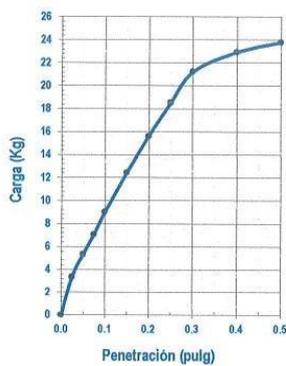
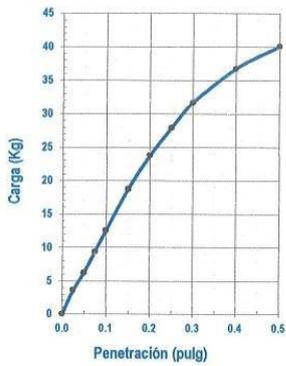


DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 DELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C  
 RUC : 20606529229

**Proyecto** : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
**Peticionario** : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA **Cantera** : BAJO TOTERANI-calicata  
**Ubicación** : BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMA **Clase de material** : Suelo Natural +3% Cemento + 0.3 L/m3 Aceite Sulfonado  
**Estructura** : VARIOS  
**Expediente N°** : EXP-27-GEO-TEST-V-2021 **N° de muestra** : M-01  
**Codigo de formato** : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06 **Fecha de emisión** : 05/10/2021

**ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
**MTC E 132**

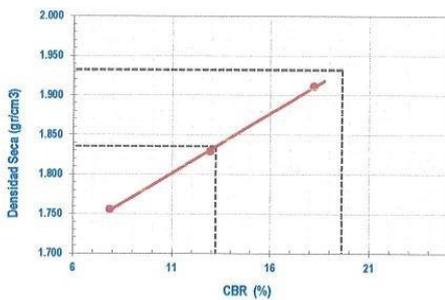
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	18.2 %
CBR (0.2")	22.2 %
Densidad seca (g/cm3)	1.911

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	12.9 %
CBR (0.2")	15.0 %
Densidad seca (g/cm3)	1.829

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	7.9 %
CBR (0.2")	8.4 %
Densidad seca (g/cm3)	1.756



Metodo de compactación : ASTM D1557  
 Maxima densidad seca (g/cm3) : 1.932  
 Optimo contenido de humedad (%) : 11.3  
 95% maxima densidad seca (g/cm3) : 1.835

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	19.6	0.2"	24.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	13.2	0.2"	15.5

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 19.6 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 13.2 (%)

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6. - Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



*Luis Gamarra Espinoza*  
**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



**LABORATORIO  
GEO TEST V S.A.C.**  
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

**SUELO NATURAL  
+ 5% CEMENTO +  
0.5 L/m<sup>3</sup> ACEITE  
SULFONADO**

👤 RUC: 20606529229  
📍 Psj. GRAU #211 - CHILCA

🌐 GEO TEST V S.A.C.  
✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. GRAD N° 211 CHILCA

E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROBARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOEST.V@GMAIL.COM

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

RUC : 20606529229

Proyecto : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"

Peticionario : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA

Cantera : BAJO TOTERANI-calicata

Ubicación : BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMAYO-JUNIN

Clase de material : Suelo Natural +5% Cemento + 0.5 L/m<sup>3</sup> Aceite Sulfonado

Estructura : VARIOS

N° de muestra : M-01

Expediente N° : EXP-27-GEO-TEST-V-2021

Fecha de emisión : 05/10/2021

Codigo de formato : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06

Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))

ASTM D1557-12 (2021)

FP-CP-02

Condiciones Ambientales: Temperatura 16.6 °C  
Humedad Relativa 57%

Revision: 01  
Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	56	56	56	56
Masa suelo + molde (g)	10,801.0	11,258.0	11,363.0	11,256.0
Masa molde (g)	6,657.0	6,657.0	6,657.0	6,657.0
Masa suelo compactado (g)	4,144.0	4,601.0	4,706.0	4,599.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,123.1	2,123.1	2,123.1	2,123.1
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.952	2.167	2.217	2.166

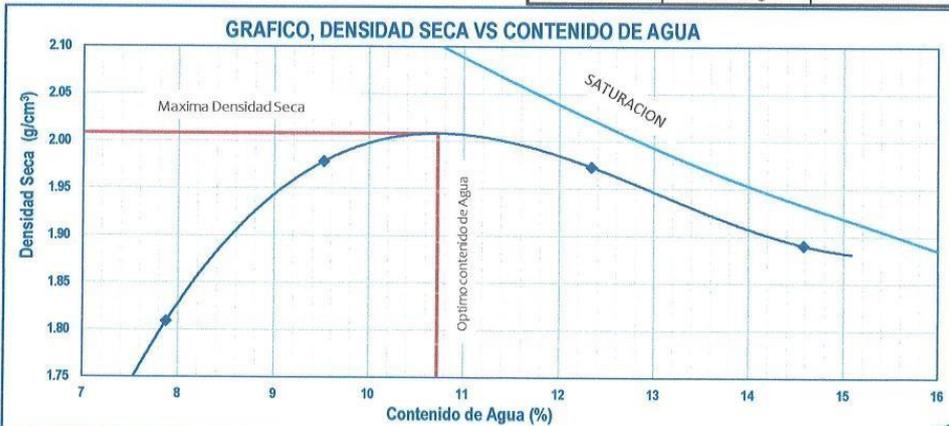
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	86.0	82.0	81.5	86.8
Tara + suelo seco (g)	80.5	75.8	74.0	77.7
Masa de agua (g)	5.5	6.2	7.5	9.1
Masa de tara (g)	10.7	10.7	13.2	15.3
Masa de suelo seco (g)	69.8	65.1	60.8	62.4
Humedad (%)	7.88	9.52	12.34	14.58
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.809	1.979	1.973	1.890

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	6,657.0
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	2,123.1

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> ):	2.008
Máxima Densidad Seca (Mg/m <sup>3</sup> ):	2008.20
Óptimo Contenido de Humedad (%):	10.72
Peso Unitario Seco (kN/m <sup>3</sup> ):	19694

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	6458 g	13.50
3/8 in.	5879 g	12.29
N° 4	4896 g	10.24
PASANTE N° 4	30588 g	63.96
TOTAL	47821 g	100.00



*Luis Gamarra Espinoza*  
Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. GRAD N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM  
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. GEOTEST.V@GMAIL.COM  
FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C  
DELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 RUC : 20606529229

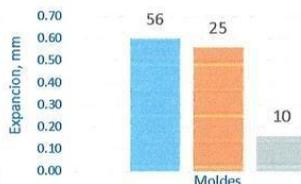
**Proyecto** : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
**Peticionario** : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA **Cantera** : BAJO TOTERANI-calicata  
**Ubicación** :BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMA' **Clase de material** : Suelo Natural +5% Cemento + 0.5 L/m3 Aceite Sulfonado  
**Estructura** : VARIOS  
**Expediente N°** : EXP-27-GEO-TEST-V-2021 **N° de muestra** : M-01  
**Codigo de formato** : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06 **Fecha de emisión** : 05/10/2021

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	-		-		-	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12840.0	12545.0	12106.0	12235.0	12195.0	12205.0
Peso de molde (g)	7569.0	7569.0	7543.0	7543.0	7725.0	7725.0
Peso del suelo húmedo (g)	5071.0	4976.0	4563.0	4692.0	4470.0	4480.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.386	2.342	2.147	2.208	2.104	2.108
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	77.2	83.1	78.8	92.9	78.5	86.3
Peso suelo seco + tara (g)	69.2	72.8	70.8	82.5	70.4	76.4
Peso de tara (g)	16.6	10.7	17.9	17.3	16.7	17.2
Peso de agua (g)	8.0	10.3	8.0	10.4	8.1	9.9
Peso de suelo seco (g)	52.6	62.1	52.9	65.2	53.7	59.2
Contenido de humedad (%)	15.21	16.59	15.12	15.95	15.08	16.72
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.071	2.009	1.865	1.904	1.828	1.806

EXPANSION					
	FECHA	HORA	Expansión		
			Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes
Inicio	2023-06	10:30	0.97	2.66	1.74
Final	2023-06	11:00	1.57	3.220	1.9
Expansión	mm		0.60	0.560	0.16
	%		0.500	0.467	0.133



PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial, mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial, mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial, mm	kg/cm <sup>2</sup>
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.041	6.39			0.035	5.69			0.035	5.69		
0.050		0.070	9.95			0.088	12.22			0.067	9.64		
0.075		0.107	14.51			0.119	15.99			0.091	12.56		
0.100	70.31	0.204	26.28	25.6	36.5	0.157	20.60	19.6	27.9	0.112	15.13	15.1	21.5
0.150		0.350	43.91			0.204	26.24			0.150	19.75		
0.200	105.46	0.454	56.45	55.0	52.1	0.249	31.69	32.1	30.4	0.186	24.10	24.4	23.2
0.250		0.524	64.90			0.279	35.34			0.211	27.09		
0.300		0.676	82.95			0.312	39.33			0.246	31.43		
0.400		0.789	96.33			0.370	46.36			0.286	36.28		
0.500		0.803	97.98			0.377	47.18			0.329	41.45		



*Luis Gamarra Espinoza*  
Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**

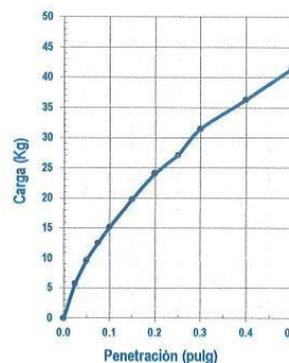
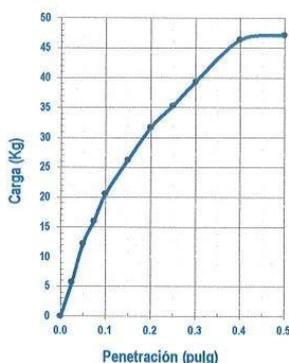
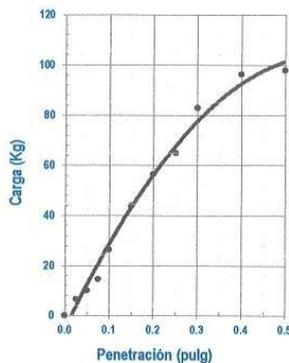


DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211 CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. GEOTEST\_V@GMAIL.COM  
 FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C  
 CELULAR : 952525151 972831911 991376093 RUC : 20606529229

**Proyecto** : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
**Peticionario** : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA **Cantera** : BAJO TOTERANI-calicata  
**Ubicación** :BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMA' **Clase de material** : Suelo Natural +5% Cemento + 0.5 L/m3 Aceite Sulfonado  
**Estructura** : VARIOS  
**Expediente N°** : EXP-27-GEO-TEST-V-2021 **N° de muestra** : M-01  
**Codigo de formato** : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06 **Fecha de emisión** : 05/10/2021

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
**MTC E 132**

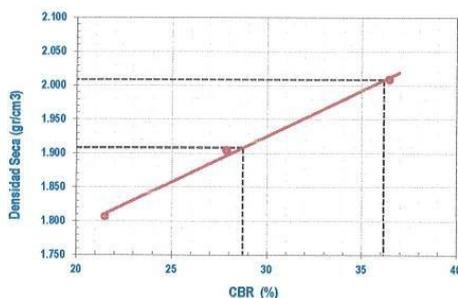
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	36.5 %
CBR (0.2")	52.1 %
Densidad seca (g/cm3)	2.009

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	27.9 %
CBR (0.2")	30.4 %
Densidad seca (g/cm3)	1.904

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	21.5 %
CBR (0.2")	23.2 %
Densidad seca (g/cm3)	1.806



Metodo de compactación : ASTM D1557  
 Maxima densidad seca (g/cm3) : 2.008  
 Optimo contenido de humedad (%) : 10.7  
 95% maxima densidad seca (g/cm3) : 1.908

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	36.2	0.2"	49.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	28.7	0.2"	35.5

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 36.2 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 28.7 (%)

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



*Luis Gamarra Espinoza*  
**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



**SUELO NATURAL  
+ 7% CEMENTO +  
0.7 L/m<sup>3</sup> ACEITE  
SULFONADO**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 - CHILCA

E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.  
FERRODARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOTEST.V@GMAIL.COM

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C

RUC : 20606529229

**Proyecto** : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
**Peticionario** : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA  
**Ubicación** : BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMAYO-JUNIN  
**Estructura** : VARIOS  
**Expediente N°** : EXP-27-GEO-TEST-V-2021  
**Codigo de formato** : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06  
**Cantera** : BAJO TOTERANI-calicata  
**Clase de material** : Suelo Natural +7% Cemento + 0.7 L/m3 Aceite Sulfonado  
**N° de muestra** : M-01  
**Fecha de emisión** : 05/10/2021

**Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo usando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))**

ASTM D1557-12 (2021)

FP-CP-02

**Condiciones Ambientales:** Temperatura 15.2 °C  
 Humedad Relativa 34%

Revision: 01  
 Hoja: 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	56	56	56	56
Masa suelo + molde (g)	11,119.0	11,496.0	11,544.0	11,223.0
Masa molde (g)	6,660.0	6,660.0	6,660.0	6,660.0
Masa suelo compactado (g)	4,459.0	4,836.0	4,884.0	4,563.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,114.0	2,114.0	2,114.0	2,114.0
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.109	2.288	2.310	2.158

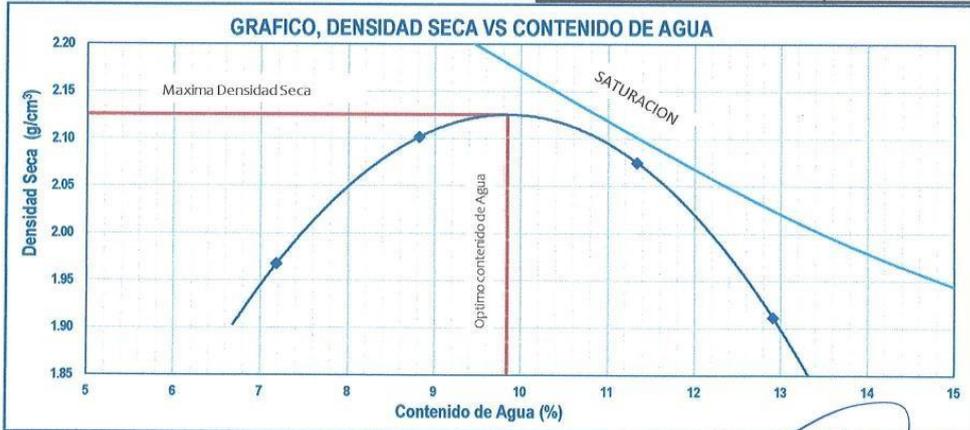
CONTENIDO DE AGUA (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (g)	103.8	82.3	93.3	86.4
Tara + suelo seco (g)	98.0	76.6	85.5	78.5
Masa de agua (g)	5.8	5.7	7.8	7.9
Masa de tara (g)	17.3	12.0	16.7	17.3
Masa de suelo seco (g)	80.7	64.6	68.8	61.2
Humedad (%)	7.19	8.82	11.34	12.91
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.968	2.102	2.075	1.912

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4 in.	4 in.	6 in.

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
MASA (g)	6,660.0
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	2,114.0

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> ):	2.126
Máxima Densidad Seca (Mg/m <sup>3</sup> ):	2125.54
Óptimo Contenido de Humedad (%):	9.84
Peso Unitario Seco (kN/m <sup>3</sup> ):	20845

GRADACION DEL MATERIAL		
TAMIZ	MASA RETENIDA	% RETENIDO
3/4 in.	6458 g	13.50
3/8 in.	5879 g	12.29
N° 4	4896 g	10.24
PASANTE N° 4	30588 g	63.96
TOTAL	47821 g	100.00



**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV2@gmail.com  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. GEOTEST.V@gmail.com  
 FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C.  
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 RUC : 30606529229

**Proyecto** : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
**Peticionario** : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA **Cantera** : BAJO TOTERANI-calicata  
**Ubicación** : BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMA **Clase de material** : Suelo Natural +7% Cemento + 0.7 L/m3 Aceite Sulfonado  
**Estructura** : VARIOS  
**Expediente N°** : EXP-27-GEO-TEST-V-2021 **N° de muestra** : M-01  
**Codigo de formato** : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06 **Fecha de emisión** : 05/10/2021

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
MTC E 132**

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	-		-		-	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12890.0	12795.0	12356.0	12485.0	12445.0	12455.0
Peso de molde (g)	7569.0	7569.0	7543.0	7543.0	7725.0	7725.0
Peso del suelo húmedo (g)	5321.0	5226.0	4813.0	4942.0	4720.0	4730.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.504	2.459	2.265	2.326	2.221	2.226
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	77.2	83.1	78.8	92.9	78.5	86.3
Peso suelo seco + tara (g)	69.2	72.8	70.8	82.5	70.4	76.4
Peso de tara (g)	17.5	13.2	18.4	18.6	15.8	18.6
Peso de agua (g)	8.0	10.3	8.0	10.4	8.1	9.9
Peso de suelo seco (g)	51.7	59.6	52.4	63.9	54.6	57.8
Contenido de humedad (%)	15.47	17.28	15.27	16.28	14.83	17.13
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.168	2.097	1.965	2.000	1.934	1.900

EXPANSION					
	FECHA	HORA	Expansión		
			Molde de 56 golpes	Molde de 25 golpes	Molde de 10 golpes
Inicio	2023-06	10:30	0.87	3.12	0.50
Final	2023-06	11:00	1.43	3.800	1.26
Expansión	mm		0.56	0.680	0.76
	%		0.467	0.567	0.633

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial. mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial. mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial. mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.068	9.73			0.059	8.57			0.054	8.04		
0.050		0.117	15.67			0.148	19.44			0.104	14.14		
0.075		0.179	23.26			0.199	25.72			0.141	18.64		
0.100	70.31	0.341	42.82	41.7	59.3	0.263	33.40	31.7	45.1	0.174	22.60	22.6	32.1
0.150		0.584	72.00			0.340	42.75			0.232	29.72		
0.200	105.46	0.758	92.68	90.1	85.4	0.415	51.79	52.4	49.7	0.288	36.43	36.8	34.9
0.250		0.876	106.56			0.466	57.84			0.326	41.02		
0.300		1.129	136.12			0.521	64.44			0.381	47.69		
0.400		1.318	157.93			0.618	76.05			0.443	55.13		
0.500		1.341	160.61			0.629	77.40			0.509	63.07		



*Luis Gamarra Espinoza*  
**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**

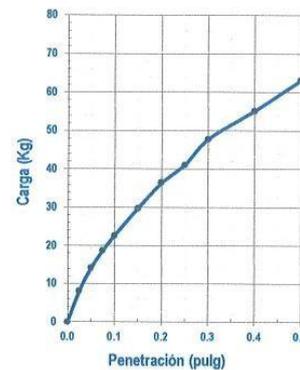
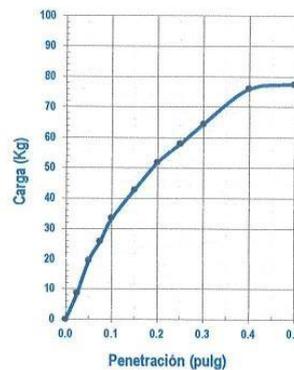
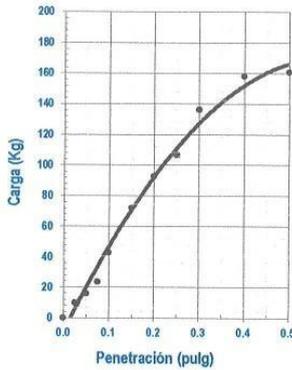


DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONIDO PRADO) GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C.  
 RUC : 20606529229

**Proyecto** : TESIS: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
**Peticionario** : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA **Cantera** : BAJO TOTERANI-calicata  
**Ubicación** :BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMA **Clase de material** : Suelo Natural +7% Cemento + 0.7 L/m3 Aceite Sulfonado  
**Estructura** : VARIOS  
**Expediente N°** : EXP-27-GEO-TEST-V-2021 **N° de muestra** : M-01  
**Codigo de formato** : C-F-EX-EX01/Rev.03/2021-06 **Fecha de emisión** : 05/10/2021

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
**MTC E 132**

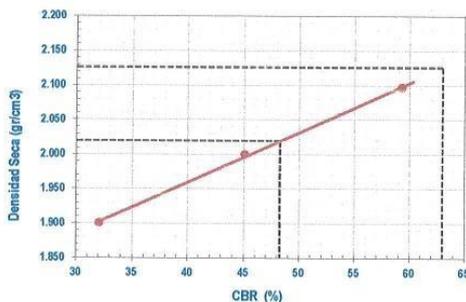
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	59.3 %
CBR (0.2")	85.4 %
Densidad seca (g/cm3)	2.097

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	45.1 %
CBR (0.2")	49.7 %
Densidad seca (g/cm3)	2.000

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	32.1 %
CBR (0.2")	34.9 %
Densidad seca (g/cm3)	1.900



Metodo de compactación : ASTM D1557  
 Maxima densidad seca (g/cm3) : 2.126  
 Optimo contenido de humedad (%) : 9.8  
 95% maxima densidad seca (g/cm3) : 2.019

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1' 63.0 0.2' 89.1  
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1' 48.3 0.2' 61.8

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 63.0 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 48.3 (%)

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



*Luis Gamarra Espinoza*  
**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 19816



# PH DEL SUELO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**



DIRECCION : Jr GRAU N° 211-CHILCA E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
 (Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarril geotest.v@gmail.com  
 cruce con Av. Leoncio Prado) FACEBOOK : Geo Test V S.A.C  
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 RUC : 20806629229

**ANALISIS DE PH DEL SUELO**

ASTM D 4972 – 95a, NTP 339.176, MTC E 129

PROYECTO : Tesis: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
 SOLICITA : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA.  
 TRAMO : -  
 UBICACIÓN : BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMAYO - JUNIN  
 MATERIAL : SUELO NATURAL  
 FECHA DE EMISION: : Octubre 2021

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
SUELO NATURAL	7.5	7.6	7.6

**Interpretación:** El pH del SUELO NATURAL tiene como grado de acidez: Ligeramente Alcalino



  
 Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198181

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA  
 (Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)  
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
 geotest.v@gmail.com  
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C  
 RUC : 20606529229  
 CELULAR : 962625161 - 972831911 - 991375093

**ANALISIS DE PH DEL SUELO**

ASTM D 4972 – 96a, NTP 339.176, MTC E 129

PROYECTO : Tesis: "ACEITE SULFONADO CON CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS EN SUBRASANTE"  
 SOLICITA : Bach. YULIANA LIZETT PACHECO MOYA.  
 TRAMO :  
 UBICACIÓN : BAJO TOTERANI-PERENE-CHANCHAMAYO - JUNIN  
 MATERIAL : SUELO NATURAL CON ADICIÓN DE 3%, 5%, 7% (CEMENTO + ACEITE SULFONADO)  
 FECHA DE EMISION: : Octubre 2021

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
Suelo Natural +3% Cemento + 0.3 L/m3 Aceite Sulfonado	12.3	12.4	12.4

**Interpretación:**

El pH del SUELO NATURAL CON ADICION DE 3% Cemento + 0.3% L/m3 Aceite Sulfonado, tiene como grado de acidez: Muy Fuerte Alcalino

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
Suelo Natural +5% Cemento + 0.5 L/m3 Aceite Sulfonado	12.6	12.8	12.7

**Interpretación:**

El pH del SUELO NATURAL CON ADICION DE 5% Cemento + 0.5% L/m3 Aceite Sulfonado, tiene como grado de acidez: Muy Fuerte Alcalino

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
Suelo Natural +7% Cemento + 0.7 L/m3 Aceite Sulfonado	13.2	13.5	13.4

**Interpretación:**

El pH del SUELO NATURAL CON ADICION DE 5% Cemento + 0.5% L/m3 Aceite Sulfonado, tiene como grado de acidez: Muy Fuerte Alcalino



*Luis Gamarra Espinoza*  
 Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

**Anexo N°05: Certificado de calibración**



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**LM-017-2022**

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-22  
EXPEDIENTE : 023-2022

**1. SOLICITANTE** : GEO TEST V S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA**

MARCA : OHAUS  
MODELO : R31P30  
NÚMERO DE SERIE : NO INDICA  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 30 000 g  
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 1 g  
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (  $\epsilon$  ) : 10 g  
CLASE DE EXACTITUD : III  
PROCEDENCIA : CHINA  
IDENTIFICACIÓN : BAL-02 (\*)  
TIPO : ELECTRONICA  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-02-21

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

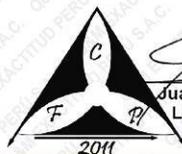
La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

**4. LUGAR DE CALIBRACION**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN



Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-017-2022

Página 2 de 3

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,6 °C	18,3 °C
Humedad Relativa	61 %HR	62 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS 1 mg a 2 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0806-001-21
PESAS 1 g a 2 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0596-2021
PESAS 5 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0597-2021
PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0598-2021
PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0599-2021

### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	NO TIENE		

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 15 000,0 g			Carga L2 = 30 000,0 g		
	I (g)	ΔL(g)	E (g)	I (g)	ΔL(g)	E (g)
1	15 000	0,5	0,0	29 999	0,4	-0,9
2	15 000	0,5	0,0	29 999	0,4	-0,9
3	15 000	0,5	0,0	29 999	0,4	-0,9
4	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
5	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
6	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
7	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
8	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
9	14 999	0,4	-0,9	30 000	0,5	0,0
10	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
Diferencia Máxima			0,9	0,9		
Error máximo permitido			± 20,0 g	± 30,0 g		

Ca. 4 Mz. I Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
metrologia@exactitudperu.com  
www.exactitudperu.com

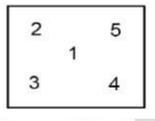


# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-017-2022

Página 3 de 3



#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Carga mínima*	Determinación de E <sub>0</sub>			Determinación del Error corregido					
		I (g)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
Vista Frontal		Temp. (°C)		Inicial	Final					
				18,6	18,6					
1	10,0 g	10	0,5	0,0	10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,0	
2		10	0,5	0,0		9 999	0,4	-0,9	-0,9	
3		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0	
4		10	0,5	0,0		10 001	0,6	0,9	0,9	
5		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0	

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 20,0 g

#### ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± e.m.p** (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
10,0	10	0,5	0,0						
20,0	20	0,5	0,0	0,0	20	0,5	0,0	0,0	10,0
500,0	500	0,5	0,0	0,0	500	0,5	0,0	0,0	10,0
1 000,0	1 000	0,5	0,0	0,0	1 000	0,5	0,0	0,0	10,0
2 000,0	2 000	0,5	0,0	0,0	2 000	0,5	0,0	0,0	10,0
5 000,0	5 000	0,5	0,0	0,0	5 000	0,5	0,0	0,0	10,0
10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,0	10 000	0,5	0,0	0,0	20,0
15 000,0	15 000	0,5	0,0	0,0	15 000	0,5	0,0	0,0	20,0
20 000,8	20 001	0,6	0,1	0,1	20 001	0,6	0,1	0,1	20,0
25 000,8	25 001	0,6	0,1	0,1	25 001	0,6	0,1	0,1	30,0
30 000,8	30 001	0,6	0,1	0,1	30 001	0,6	0,1	0,1	30,0

(\*\*) error máximo permitido

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).  
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.  
E<sub>0</sub> : Error en cero.

E<sub>c</sub> : Error corregido.  
ΔL : Incremento de pesas patrones.

$$\text{Lectura corregida } R_{\text{CORREGIDA}} = R - 5,56 \times 10^{-7} \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U = 2 \times \sqrt{3,56 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 1,03 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**LF-001-2022**

Página 1 de 8

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-22  
EXPEDIENTE : 023-2022

**1. SOLICITANTE** : **GEO TEST V S.A.C.**

**DIRECCIÓN** : Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **CBR - ANILLO DE CARGA**

**MARCA** : UTEST

**MODELO** : UTS - 0852

**NÚMERO DE SERIE** : 18/000906

**ALCANCE DE INDICACIÓN** : 50 kN

**DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN** : 0,001 mm (1 div, Digital)

**CLASE DE EXACTITUD** : NO INDICA

**PROCEDENCIA** : TURQUIA

**IDENTIFICACIÓN** : NO INDICA

**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

**FECHA DE CALIBRACION** : 2022-02-21

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664  
2011



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022

Página 2 de 8

#### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,2 °C	18,2 °C
Humedad Relativa	62 % HR	62 % HR

#### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Celda de carga calibrado a 50 tnf con incertidumbre del orden de 0,5 %	INF-LE 003-22B

#### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".
- El equipo trabaja con un anillo de carga Marca: Utest, Serie: 18/0019.

#### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo			Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				Exactitud	Incertidumbre U (k=2)
%	Divisiones	$F_i$ (kN)	$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)	q (%)	(%)	
10	0,200	4,34	4,32	4,31	4,32	0,61	0,08	
20	0,400	8,55	8,57	8,54	8,58	-0,15	0,08	
30	0,600	12,73	12,76	12,71	12,74	-0,03	0,08	
40	0,800	16,89	16,90	16,86	16,88	0,05	0,08	
50	1,000	21,02	21,01	20,98	21,00	0,11	0,08	
60	1,200	25,13	25,08	25,13	25,10	0,09	0,08	
70	1,400	29,20	29,19	29,21	29,18	0,04	0,08	
80	1,600	33,26	33,18	33,26	33,22	0,12	0,08	
90	1,800	37,29	37,22	37,32	37,26	0,06	0,08	
100	2,000	41,29	41,20	41,32	41,28	0,06	0,08	
Retorno a Cero			0,0	0,0	0,0			

Con los resultados obtenidos se realizó la siguiente ecuación de ajuste:

Y = Fuerza (kgf)  
X = Valores del Dial

$$Y = -0,32 x^2 + 21,23 x + 0,11$$

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022**

Página 3 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en kN										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,020	0,53	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,73
0,040	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,09	1,11	1,13	1,15
0,060	1,38	1,40	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53	1,55	1,57
0,080	1,81	1,83	1,85	1,87	1,89	1,91	1,93	1,95	1,98	2,00
0,100	2,23	2,25	2,27	2,29	2,31	2,34	2,36	2,38	2,40	2,42
0,120	2,65	2,67	2,70	2,72	2,74	2,76	2,78	2,80	2,82	2,84
0,140	3,08	3,10	3,12	3,14	3,16	3,18	3,20	3,22	3,25	3,27
0,160	3,50	3,52	3,54	3,56	3,58	3,60	3,63	3,65	3,67	3,69
0,180	3,92	3,94	3,96	3,98	4,01	4,03	4,05	4,07	4,09	4,11
0,200	4,34	4,36	4,39	4,41	4,43	4,45	4,47	4,49	4,51	4,53
0,220	4,77	4,79	4,81	4,83	4,85	4,87	4,89	4,91	4,93	4,95
0,240	5,19	5,21	5,23	5,25	5,27	5,29	5,31	5,33	5,36	5,38
0,260	5,61	5,63	5,65	5,67	5,69	5,71	5,73	5,76	5,78	5,80
0,280	6,03	6,05	6,07	6,09	6,11	6,13	6,16	6,18	6,20	6,22
0,300	6,45	6,47	6,49	6,51	6,53	6,56	6,58	6,60	6,62	6,64
0,320	6,87	6,89	6,91	6,93	6,95	6,98	7,00	7,02	7,04	7,06
0,340	7,29	7,31	7,33	7,35	7,38	7,40	7,42	7,44	7,46	7,48
0,360	7,71	7,73	7,75	7,77	7,80	7,82	7,84	7,86	7,88	7,90
0,380	8,13	8,15	8,17	8,19	8,22	8,24	8,26	8,28	8,30	8,32
0,400	8,55	8,57	8,59	8,61	8,63	8,66	8,68	8,70	8,72	8,74
0,420	8,97	8,99	9,01	9,03	9,05	9,07	9,10	9,12	9,14	9,16
0,440	9,39	9,41	9,43	9,45	9,47	9,49	9,51	9,54	9,56	9,58
0,460	9,81	9,83	9,85	9,87	9,89	9,91	9,93	9,95	9,98	10,00
0,480	10,23	10,25	10,27	10,29	10,31	10,33	10,35	10,37	10,39	10,41
0,500	10,65	10,67	10,69	10,71	10,73	10,75	10,77	10,79	10,81	10,83
0,520	11,06	11,08	11,10	11,13	11,15	11,17	11,19	11,21	11,23	11,25
0,540	11,48	11,50	11,52	11,54	11,56	11,59	11,61	11,63	11,65	11,67
0,560	11,90	11,92	11,94	11,96	11,98	12,00	12,02	12,04	12,07	12,09
0,580	12,32	12,34	12,36	12,38	12,40	12,42	12,44	12,46	12,48	12,50
0,600	12,73	12,75	12,77	12,80	12,82	12,84	12,86	12,88	12,90	12,92
0,620	13,15	13,17	13,19	13,21	13,23	13,25	13,27	13,30	13,32	13,34
0,640	13,57	13,59	13,61	13,63	13,65	13,67	13,69	13,71	13,73	13,75
0,660	13,98	14,00	14,02	14,04	14,07	14,09	14,11	14,13	14,15	14,17
0,680	14,40	14,42	14,44	14,46	14,48	14,50	14,52	14,54	14,56	14,59
0,700	14,81	14,83	14,86	14,88	14,90	14,92	14,94	14,96	14,98	15,00
0,720	15,23	15,25	15,27	15,29	15,31	15,33	15,35	15,38	15,40	15,42
0,740	15,64	15,67	15,69	15,71	15,73	15,75	15,77	15,79	15,81	15,83
0,760	16,06	16,08	16,10	16,12	16,14	16,16	16,18	16,21	16,23	16,25
0,780	16,47	16,50	16,52	16,54	16,56	16,58	16,60	16,62	16,64	16,66
0,800	16,89	16,91	16,93	16,95	16,97	16,99	17,01	17,03	17,05	17,08
0,820	17,30	17,32	17,34	17,37	17,39	17,41	17,43	17,45	17,47	17,49
0,840	17,72	17,74	17,76	17,78	17,80	17,82	17,84	17,86	17,88	17,90
0,860	18,13	18,15	18,17	18,19	18,21	18,23	18,26	18,28	18,30	18,32
0,880	18,54	18,57	18,59	18,61	18,63	18,65	18,67	18,69	18,71	18,73
0,900	18,96	18,98	19,00	19,02	19,04	19,06	19,08	19,10	19,12	19,14
0,920	19,37	19,39	19,41	19,43	19,45	19,47	19,49	19,52	19,54	19,56
0,940	19,78	19,80	19,82	19,85	19,87	19,89	19,91	19,93	19,95	19,97
0,960	20,20	20,22	20,24	20,26	20,28	20,30	20,32	20,34	20,36	20,38
0,980	20,61	20,63	20,65	20,67	20,69	20,71	20,73	20,75	20,77	20,79
1,000	21,02	21,04	21,06	21,08	21,10	21,12	21,14	21,16	21,18	21,21

Ca. 4 Mz. I Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
 Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
 Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
 metrologia@exactitudperu.com  
 www.exactitudperu.com



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022**

Página 4 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en kN										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
1,020	21,43	21,45	21,47	21,49	21,51	21,53	21,56	21,58	21,60	21,62
1,040	21,84	21,86	21,88	21,90	21,93	21,95	21,97	21,99	22,01	22,03
1,060	22,25	22,27	22,30	22,32	22,34	22,36	22,38	22,40	22,42	22,44
1,080	22,67	22,69	22,71	22,73	22,75	22,77	22,79	22,81	22,83	22,85
1,100	23,08	23,10	23,12	23,14	23,16	23,18	23,20	23,22	23,24	23,26
1,120	23,49	23,51	23,53	23,55	23,57	23,59	23,61	23,63	23,65	23,67
1,140	23,90	23,92	23,94	23,96	23,98	24,00	24,02	24,04	24,06	24,08
1,160	24,31	24,33	24,35	24,37	24,39	24,41	24,43	24,45	24,47	24,49
1,180	24,72	24,74	24,76	24,78	24,80	24,82	24,84	24,86	24,88	24,90
1,200	25,13	25,15	25,17	25,19	25,21	25,23	25,25	25,27	25,29	25,31
1,220	25,53	25,55	25,58	25,60	25,62	25,64	25,66	25,68	25,70	25,72
1,240	25,94	25,96	25,98	26,00	26,02	26,05	26,07	26,09	26,11	26,13
1,260	26,35	26,37	26,39	26,41	26,43	26,45	26,47	26,49	26,52	26,54
1,280	26,76	26,78	26,80	26,82	26,84	26,86	26,88	26,90	26,92	26,94
1,300	27,17	27,19	27,21	27,23	27,25	27,27	27,29	27,31	27,33	27,35
1,320	27,58	27,60	27,62	27,64	27,66	27,68	27,70	27,72	27,74	27,76
1,340	27,98	28,00	28,02	28,04	28,07	28,09	28,11	28,13	28,15	28,17
1,360	28,39	28,41	28,43	28,45	28,47	28,49	28,51	28,53	28,55	28,57
1,380	28,80	28,82	28,84	28,86	28,88	28,90	28,92	28,94	28,96	28,98
1,400	29,20	29,23	29,25	29,27	29,29	29,31	29,33	29,35	29,37	29,39
1,420	29,61	29,63	29,65	29,67	29,69	29,71	29,73	29,75	29,77	29,79
1,440	30,02	30,04	30,06	30,08	30,10	30,12	30,14	30,16	30,18	30,20
1,460	30,42	30,44	30,46	30,48	30,50	30,53	30,55	30,57	30,59	30,61
1,480	30,83	30,85	30,87	30,89	30,91	30,93	30,95	30,97	30,99	31,01
1,500	31,24	31,26	31,28	31,30	31,32	31,34	31,36	31,38	31,40	31,42
1,520	31,64	31,66	31,68	31,70	31,72	31,74	31,76	31,78	31,80	31,82
1,540	32,05	32,07	32,09	32,11	32,13	32,15	32,17	32,19	32,21	32,23
1,560	32,45	32,47	32,49	32,51	32,53	32,55	32,57	32,59	32,61	32,63
1,580	32,85	32,87	32,89	32,92	32,94	32,96	32,98	33,00	33,02	33,04
1,600	33,26	33,28	33,30	33,32	33,34	33,36	33,38	33,40	33,42	33,44
1,620	33,66	33,68	33,70	33,72	33,74	33,76	33,78	33,80	33,82	33,84
1,640	34,07	34,09	34,11	34,13	34,15	34,17	34,19	34,21	34,23	34,25
1,660	34,47	34,49	34,51	34,53	34,55	34,57	34,59	34,61	34,63	34,65
1,680	34,87	34,89	34,91	34,93	34,95	34,97	34,99	35,01	35,03	35,05
1,700	35,28	35,30	35,32	35,34	35,36	35,38	35,40	35,42	35,44	35,46
1,720	35,68	35,70	35,72	35,74	35,76	35,78	35,80	35,82	35,84	35,86
1,740	36,08	36,10	36,12	36,14	36,16	36,18	36,20	36,22	36,24	36,26
1,760	36,48	36,50	36,52	36,54	36,56	36,58	36,60	36,62	36,64	36,66
1,780	36,89	36,91	36,93	36,95	36,97	36,99	37,01	37,03	37,05	37,07
1,800	37,29	37,31	37,33	37,35	37,37	37,39	37,41	37,43	37,45	37,47
1,820	37,69	37,71	37,73	37,75	37,77	37,79	37,81	37,83	37,85	37,87
1,840	38,09	38,11	38,13	38,15	38,17	38,19	38,21	38,23	38,25	38,27
1,860	38,49	38,51	38,53	38,55	38,57	38,59	38,61	38,63	38,65	38,67
1,880	38,89	38,91	38,93	38,95	38,97	38,99	39,01	39,03	39,05	39,07
1,900	39,29	39,31	39,33	39,35	39,37	39,39	39,41	39,43	39,45	39,47
1,920	39,69	39,71	39,73	39,75	39,77	39,79	39,81	39,83	39,85	39,87
1,940	40,09	40,11	40,13	40,15	40,17	40,19	40,21	40,23	40,25	40,27
1,960	40,49	40,51	40,53	40,55	40,57	40,59	40,61	40,63	40,65	40,67
1,980	40,89	40,91	40,93	40,95	40,97	40,99	41,01	41,03	41,05	41,07
2,000	41,29									

Ca. 4 Mz. | Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
 Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
 Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
 metrologia@exactitudperu.com  
 www.exactitudperu.com



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022

Página 5 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en kgf										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,020	54,5	56,7	58,8	61,0	63,2	65,3	67,5	69,6	71,8	74,0
0,040	97,8	99,9	102,1	104,2	106,4	108,6	110,7	112,9	115,1	117,2
0,060	141,0	143,2	145,3	147,5	149,6	151,8	154,0	156,1	158,3	160,4
0,080	184,2	186,4	188,5	190,7	192,8	195,0	197,2	199,3	201,5	203,6
0,100	227,4	229,5	231,7	233,9	236,0	238,2	240,3	242,5	244,6	246,8
0,120	270,5	272,7	274,8	277,0	279,2	281,3	283,5	285,6	287,8	289,9
0,140	313,7	315,8	318,0	320,1	322,3	324,4	326,6	328,7	330,9	333,1
0,160	356,8	358,9	361,1	363,2	365,4	367,5	369,7	371,8	374,0	376,1
0,180	399,8	402,0	404,1	406,3	408,4	410,6	412,8	414,9	417,1	419,2
0,200	442,9	445,0	447,2	449,3	451,5	453,6	455,8	457,9	460,1	462,2
0,220	485,9	488,1	490,2	492,4	494,5	496,7	498,8	501,0	503,1	505,3
0,240	528,9	531,1	533,2	535,4	537,5	539,6	541,8	543,9	546,1	548,2
0,260	571,9	574,0	576,2	578,3	580,5	582,6	584,8	586,9	589,1	591,2
0,280	614,8	617,0	619,1	621,3	623,4	625,6	627,7	629,8	632,0	634,1
0,300	657,7	659,9	662,0	664,2	666,3	668,5	670,6	672,8	674,9	677,0
0,320	700,6	702,8	704,9	707,1	709,2	711,3	713,5	715,6	717,8	719,9
0,340	743,5	745,6	747,8	749,9	752,1	754,2	756,4	758,5	760,6	762,8
0,360	786,3	788,5	790,6	792,8	794,9	797,0	799,2	801,3	803,5	805,6
0,380	829,2	831,3	833,4	835,6	837,7	839,9	842,0	844,1	846,3	848,4
0,400	871,9	874,1	876,2	878,4	880,5	882,6	884,8	886,9	889,0	891,2
0,420	914,7	916,8	918,9	921,1	923,2	925,4	927,5	929,7	931,8	933,9
0,440	957,4	959,6	961,7	963,8	966,0	968,1	970,3	972,4	974,5	976,7
0,460	1000,1	1002,3	1004,4	1006,6	1008,7	1010,8	1013,0	1015,1	1017,2	1019,4
0,480	1042,8	1045,0	1047,1	1049,2	1051,4	1053,5	1055,6	1057,8	1059,9	1062,0
0,500	1085,5	1087,6	1089,8	1091,9	1094,0	1096,1	1098,3	1100,4	1102,5	1104,7
0,520	1128,1	1130,3	1132,4	1134,5	1136,6	1138,8	1140,9	1143,0	1145,2	1147,3
0,540	1170,7	1172,9	1175,0	1177,1	1179,2	1181,4	1183,5	1185,6	1187,8	1189,9
0,560	1213,3	1215,4	1217,6	1219,7	1221,8	1223,9	1226,1	1228,2	1230,3	1232,5
0,580	1255,9	1258,0	1260,1	1262,2	1264,4	1266,5	1268,6	1270,7	1272,9	1275,0
0,600	1298,4	1300,5	1302,6	1304,8	1306,9	1309,0	1311,1	1313,3	1315,4	1317,5
0,620	1340,9	1343,0	1345,1	1347,3	1349,4	1351,5	1353,6	1355,8	1357,9	1360,0
0,640	1383,4	1385,5	1387,6	1389,7	1391,9	1394,0	1396,1	1398,2	1400,3	1402,5
0,660	1425,8	1427,9	1430,1	1432,2	1434,3	1436,4	1438,5	1440,7	1442,8	1444,9
0,680	1468,2	1470,4	1472,5	1474,6	1476,7	1478,8	1481,0	1483,1	1485,2	1487,3
0,700	1510,6	1512,7	1514,9	1517,0	1519,1	1521,2	1523,3	1525,5	1527,6	1529,7
0,720	1553,0	1555,1	1557,2	1559,4	1561,5	1563,6	1565,7	1567,8	1569,9	1572,1
0,740	1595,3	1597,5	1599,6	1601,7	1603,8	1605,9	1608,0	1610,2	1612,3	1614,4
0,760	1637,7	1639,8	1641,9	1644,0	1646,1	1648,2	1650,4	1652,5	1654,6	1656,7
0,780	1680,0	1682,1	1684,2	1686,3	1688,4	1690,5	1692,6	1694,7	1696,9	1699,0
0,800	1722,2	1724,3	1726,4	1728,6	1730,7	1732,8	1734,9	1737,0	1739,1	1741,2
0,820	1764,5	1766,6	1768,7	1770,8	1772,9	1775,0	1777,1	1779,2	1781,3	1783,5
0,840	1806,7	1808,8	1810,9	1813,0	1815,1	1817,2	1819,3	1821,4	1823,6	1825,7
0,860	1848,9	1851,0	1853,1	1855,2	1857,3	1859,4	1861,5	1863,6	1865,7	1867,8
0,880	1891,0	1893,1	1895,2	1897,3	1899,5	1901,6	1903,7	1905,8	1907,9	1910,0
0,900	1933,2	1935,3	1937,4	1939,5	1941,6	1943,7	1945,8	1947,9	1950,0	1952,1
0,920	1975,3	1977,4	1979,5	1981,6	1983,7	1985,8	1987,9	1990,0	1992,1	1994,2
0,940	2017,3	2019,5	2021,6	2023,7	2025,8	2027,9	2030,0	2032,1	2034,2	2036,3
0,960	2059,4	2061,5	2063,6	2065,7	2067,8	2069,9	2072,0	2074,1	2076,2	2078,3
0,980	2101,4	2103,5	2105,6	2107,7	2109,8	2111,9	2114,0	2116,1	2118,2	2120,3
1,000	2143,4	2145,5	2147,6	2149,7	2151,8	2153,9	2156,0	2158,1	2160,2	2162,3

Ca. 4 Mz. | Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
 Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
 Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
 metrologia@exactitudperu.com  
 www.exactitudperu.com



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022

Página 6 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en kgf										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
<b>1,020</b>	2185,4	2187,5	2189,6	2191,7	2193,8	2195,9	2198,0	2200,1	2202,2	2204,3
<b>1,040</b>	2227,4	2229,5	2231,6	2233,7	2235,8	2237,9	2240,0	2242,1	2244,1	2246,2
<b>1,060</b>	2269,3	2271,4	2273,5	2275,6	2277,7	2279,8	2281,9	2284,0	2286,1	2288,2
<b>1,080</b>	2311,2	2313,3	2315,4	2317,5	2319,6	2321,7	2323,8	2325,9	2328,0	2330,0
<b>1,100</b>	2353,1	2355,2	2357,3	2359,4	2361,4	2363,5	2365,6	2367,7	2369,8	2371,9
<b>1,120</b>	2394,9	2397,0	2399,1	2401,2	2403,3	2405,4	2407,5	2409,6	2411,7	2413,7
<b>1,140</b>	2436,7	2438,8	2440,9	2443,0	2445,1	2447,2	2449,3	2451,4	2453,5	2455,6
<b>1,160</b>	2478,5	2480,6	2482,7	2484,8	2486,9	2489,0	2491,1	2493,2	2495,3	2497,3
<b>1,180</b>	2520,3	2522,4	2524,5	2526,6	2528,7	2530,8	2532,8	2534,9	2537,0	2539,1
<b>1,200</b>	2562,1	2564,1	2566,2	2568,3	2570,4	2572,5	2574,6	2576,7	2578,7	2580,8
<b>1,220</b>	2603,8	2605,9	2607,9	2610,0	2612,1	2614,2	2616,3	2618,4	2620,5	2622,5
<b>1,240</b>	2645,5	2647,6	2649,6	2651,7	2653,8	2655,9	2658,0	2660,1	2662,1	2664,2
<b>1,260</b>	2687,1	2689,2	2691,3	2693,4	2695,5	2697,5	2699,6	2701,7	2703,8	2705,9
<b>1,280</b>	2728,8	2730,9	2732,9	2735,0	2737,1	2739,2	2741,3	2743,3	2745,4	2747,5
<b>1,300</b>	2770,4	2772,5	2774,5	2776,6	2778,7	2780,8	2782,9	2784,9	2787,0	2789,1
<b>1,320</b>	2812,0	2814,1	2816,1	2818,2	2820,3	2822,4	2824,4	2826,5	2828,6	2830,7
<b>1,340</b>	2853,5	2855,6	2857,7	2859,8	2861,8	2863,9	2866,0	2868,1	2870,2	2872,2
<b>1,360</b>	2895,1	2897,1	2899,2	2901,3	2903,4	2905,4	2907,5	2909,6	2911,7	2913,8
<b>1,380</b>	2936,6	2938,7	2940,7	2942,8	2944,9	2947,0	2949,0	2951,1	2953,2	2955,2
<b>1,400</b>	2978,1	2980,1	2982,2	2984,3	2986,4	2988,4	2990,5	2992,6	2994,6	2996,7
<b>1,420</b>	3019,5	3021,6	3023,7	3025,7	3027,8	3029,9	3031,9	3034,0	3036,1	3038,2
<b>1,440</b>	3060,9	3063,0	3065,1	3067,2	3069,2	3071,3	3073,4	3075,4	3077,5	3079,6
<b>1,460</b>	3102,4	3104,4	3106,5	3108,6	3110,6	3112,7	3114,8	3116,8	3118,9	3121,0
<b>1,480</b>	3143,7	3145,8	3147,9	3149,9	3152,0	3154,1	3156,1	3158,2	3160,3	3162,3
<b>1,500</b>	3185,1	3187,1	3189,2	3191,3	3193,4	3195,4	3197,5	3199,6	3201,6	3203,7
<b>1,520</b>	3226,4	3228,5	3230,5	3232,6	3234,7	3236,7	3238,8	3240,9	3242,9	3245,0
<b>1,540</b>	3267,7	3269,8	3271,8	3273,9	3276,0	3278,0	3280,1	3282,2	3284,2	3286,3
<b>1,560</b>	3309,0	3311,0	3313,1	3315,2	3317,2	3319,3	3321,4	3323,4	3325,5	3327,5
<b>1,580</b>	3350,2	3352,3	3354,4	3356,4	3358,5	3360,5	3362,6	3364,7	3366,7	3368,8
<b>1,600</b>	3391,5	3393,5	3395,6	3397,6	3399,7	3401,8	3403,8	3405,9	3407,9	3410,0
<b>1,620</b>	3432,6	3434,7	3436,8	3438,8	3440,9	3442,9	3445,0	3447,1	3449,1	3451,2
<b>1,640</b>	3473,8	3475,9	3477,9	3480,0	3482,0	3484,1	3486,2	3488,2	3490,3	3492,3
<b>1,660</b>	3515,0	3517,0	3519,1	3521,1	3523,2	3525,2	3527,3	3529,4	3531,4	3533,5
<b>1,680</b>	3556,1	3558,1	3560,2	3562,2	3564,3	3566,4	3568,4	3570,5	3572,5	3574,6
<b>1,700</b>	3597,2	3599,2	3601,3	3603,3	3605,4	3607,4	3609,5	3611,5	3613,6	3615,7
<b>1,720</b>	3638,2	3640,3	3642,3	3644,4	3646,4	3648,5	3650,6	3652,6	3654,7	3656,7
<b>1,740</b>	3679,3	3681,3	3683,4	3685,4	3687,5	3689,5	3691,6	3693,6	3695,7	3697,7
<b>1,760</b>	3720,3	3722,3	3724,4	3726,4	3728,5	3730,5	3732,6	3734,6	3736,7	3738,7
<b>1,780</b>	3761,3	3763,3	3765,4	3767,4	3769,5	3771,5	3773,6	3775,6	3777,7	3779,7
<b>1,800</b>	3802,2	3804,3	3806,3	3808,4	3810,4	3812,5	3814,5	3816,6	3818,6	3820,7
<b>1,820</b>	3843,2	3845,2	3847,3	3849,3	3851,4	3853,4	3855,4	3857,5	3859,5	3861,6
<b>1,840</b>	3884,1	3886,1	3888,2	3890,2	3892,3	3894,3	3896,3	3898,4	3900,4	3902,5
<b>1,860</b>	3925,0	3927,0	3929,0	3931,1	3933,1	3935,2	3937,2	3939,3	3941,3	3943,3
<b>1,880</b>	3965,8	3967,9	3969,9	3971,9	3974,0	3976,0	3978,1	3980,1	3982,2	3984,2
<b>1,900</b>	4006,6	4008,7	4010,7	4012,8	4014,8	4016,9	4018,9	4020,9	4023,0	4025,0
<b>1,920</b>	4047,5	4049,5	4051,5	4053,6	4055,6	4057,6	4059,7	4061,7	4063,8	4065,8
<b>1,940</b>	4088,2	4090,3	4092,3	4094,3	4096,4	4098,4	4100,5	4102,5	4104,5	4106,6
<b>1,960</b>	4129,0	4131,0	4133,1	4135,1	4137,1	4139,2	4141,2	4143,2	4145,3	4147,3
<b>1,980</b>	4169,7	4171,7	4173,8	4175,8	4177,8	4179,9	4181,9	4184,0	4186,0	4188,0
<b>2,000</b>	4210,4									

Ca. 4 Mz. I Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
 Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
 Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
 metrologia@exactitudperu.com  
 www.exactitudperu.com



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022

Página 7 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en lbf										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,020	120,2	124,9	129,7	134,5	139,2	144,0	148,8	153,5	158,3	163,1
0,040	215,5	220,3	225,1	229,8	234,6	239,4	244,1	248,9	253,7	258,4
0,060	310,8	315,6	320,4	325,1	329,9	334,7	339,4	344,2	348,9	353,7
0,080	406,1	410,8	415,6	420,4	425,1	429,9	434,6	439,4	444,2	448,9
0,100	501,3	506,0	510,8	515,6	520,3	525,1	529,8	534,6	539,3	544,1
0,120	596,4	601,2	605,9	610,7	615,4	620,2	624,9	629,6	634,5	639,2
0,140	691,5	696,2	701,0	705,8	710,5	715,3	720,0	724,8	729,5	734,3
0,160	786,5	791,3	796,0	800,8	805,5	810,3	815,0	819,8	824,5	829,3
0,180	881,5	886,2	891,0	895,7	900,5	905,2	910,0	914,7	919,5	924,2
0,200	976,4	981,1	985,9	990,6	995,4	1000,1	1004,9	1009,6	1014,3	1019,1
0,220	1071,2	1076,0	1080,7	1085,5	1090,2	1094,9	1099,7	1104,4	1109,2	1113,9
0,240	1166,0	1170,8	1175,5	1180,2	1185,0	1189,7	1194,5	1199,2	1203,9	1208,7
0,260	1260,8	1265,5	1270,2	1275,0	1279,7	1284,4	1289,2	1293,9	1298,6	1303,4
0,280	1355,4	1360,2	1364,9	1369,6	1374,4	1379,1	1383,8	1388,6	1393,3	1398,0
0,300	1450,1	1454,8	1459,5	1464,3	1469,0	1473,7	1478,4	1483,2	1487,9	1492,6
0,320	1544,6	1549,4	1554,1	1558,8	1563,5	1568,3	1573,0	1577,7	1582,4	1587,2
0,340	1639,1	1643,9	1648,6	1653,3	1658,0	1662,7	1667,5	1672,2	1676,9	1681,6
0,360	1733,6	1738,3	1743,0	1747,7	1752,5	1757,2	1761,9	1766,6	1771,3	1776,1
0,380	1828,0	1832,7	1837,4	1842,1	1846,8	1851,6	1856,3	1861,0	1865,7	1870,4
0,400	1922,3	1927,0	1931,7	1936,4	1941,2	1945,9	1950,6	1955,3	1960,0	1964,7
0,420	2016,6	2021,3	2026,0	2030,7	2035,4	2040,1	2044,8	2049,6	2054,3	2059,0
0,440	2110,8	2115,5	2120,2	2124,9	2129,6	2134,3	2139,0	2143,7	2148,5	2153,2
0,460	2204,9	2209,7	2214,4	2219,1	2223,8	2228,5	2233,2	2237,9	2242,6	2247,3
0,480	2299,0	2303,8	2308,5	2313,2	2317,9	2322,6	2327,3	2332,0	2336,7	2341,4
0,500	2393,1	2397,8	2402,5	2407,2	2411,9	2416,6	2421,3	2426,0	2430,7	2435,4
0,520	2487,1	2491,8	2496,5	2501,2	2505,9	2510,6	2515,3	2520,0	2524,7	2529,4
0,540	2581,0	2585,7	2590,4	2595,1	2599,8	2604,5	2609,2	2613,9	2618,6	2623,3
0,560	2674,9	2679,6	2684,3	2689,0	2693,6	2698,3	2703,0	2707,7	2712,4	2717,1
0,580	2768,7	2773,4	2778,1	2782,8	2787,4	2792,1	2796,8	2801,5	2806,2	2810,9
0,600	2862,4	2867,1	2871,8	2876,5	2881,2	2885,9	2890,6	2895,2	2899,9	2904,6
0,620	2956,1	2960,8	2965,5	2970,2	2974,9	2979,6	2984,2	2988,9	2993,6	2998,3
0,640	3049,8	3054,5	3059,1	3063,8	3068,5	3073,2	3077,9	3082,5	3087,2	3091,9
0,660	3143,4	3148,0	3152,7	3157,4	3162,1	3166,8	3171,4	3176,1	3180,8	3185,5
0,680	3236,9	3241,6	3246,2	3250,9	3255,6	3260,3	3264,9	3269,6	3274,3	3279,0
0,700	3330,4	3335,0	3339,7	3344,4	3349,1	3353,7	3358,4	3363,1	3367,7	3372,4
0,720	3423,8	3428,4	3433,1	3437,8	3442,5	3447,1	3451,8	3456,5	3461,1	3465,8
0,740	3517,1	3521,8	3526,5	3531,1	3535,8	3540,5	3545,1	3549,8	3554,5	3559,1
0,760	3610,4	3615,1	3619,8	3624,4	3629,1	3633,7	3638,4	3643,1	3647,7	3652,4
0,780	3703,7	3708,3	3713,0	3717,6	3722,3	3727,0	3731,6	3736,3	3740,9	3745,6
0,800	3796,8	3801,5	3806,2	3810,8	3815,5	3820,1	3824,8	3829,4	3834,1	3838,8
0,820	3890,0	3894,6	3899,3	3903,9	3908,6	3913,2	3917,9	3922,5	3927,2	3931,9
0,840	3983,0	3987,7	3992,3	3997,0	4001,6	4006,3	4010,9	4015,6	4020,2	4024,9
0,860	4076,0	4080,7	4085,3	4090,0	4094,6	4099,3	4103,9	4108,6	4113,2	4117,9
0,880	4169,0	4173,6	4178,3	4182,9	4187,6	4192,2	4196,9	4201,5	4206,2	4210,8
0,900	4261,9	4266,5	4271,2	4275,8	4280,5	4285,1	4289,7	4294,4	4299,0	4303,7
0,920	4354,7	4359,4	4364,0	4368,6	4373,3	4377,9	4382,6	4387,2	4391,8	4396,5
0,940	4447,5	4452,1	4456,8	4461,4	4466,0	4470,7	4475,3	4480,0	4484,6	4489,2
0,960	4540,2	4544,8	4549,5	4554,1	4558,8	4563,4	4568,0	4572,7	4577,3	4581,9
0,980	4632,9	4637,5	4642,1	4646,8	4651,4	4656,0	4660,7	4665,3	4669,9	4674,6
1,000	4725,5	4730,1	4734,7	4739,4	4744,0	4748,6	4753,3	4757,9	4762,5	4767,1

Ca. 4 Mz. I Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
 Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
 Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
 metrologia@exactitudperu.com  
 www.exactitudperu.com



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022

Página 8 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en lbf										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
1,020	4818,0	4822,7	4827,3	4831,9	4836,5	4841,2	4845,8	4850,4	4855,0	4859,7
1,040	4910,5	4915,1	4919,8	4924,4	4929,0	4933,6	4938,3	4942,9	4947,5	4952,1
1,060	5003,0	5007,6	5012,2	5016,8	5021,4	5026,1	5030,7	5035,3	5039,9	5044,5
1,080	5095,3	5099,9	5104,6	5109,2	5113,8	5118,4	5123,0	5127,6	5132,3	5136,9
1,100	5187,6	5192,3	5196,9	5201,5	5206,1	5210,7	5215,3	5219,9	5224,6	5229,2
1,120	5279,9	5284,5	5289,1	5293,7	5298,4	5303,0	5307,6	5312,2	5316,8	5321,4
1,140	5372,1	5376,7	5381,3	5385,9	5390,5	5395,1	5399,8	5404,4	5409,0	5413,6
1,160	5464,3	5468,9	5473,5	5478,1	5482,7	5487,3	5491,9	5496,5	5501,1	5505,7
1,180	5556,3	5560,9	5565,5	5570,1	5574,7	5579,4	5584,0	5588,6	5593,2	5597,8
1,200	5648,4	5653,0	5657,6	5662,2	5666,8	5671,4	5676,0	5680,6	5685,2	5689,8
1,220	5740,3	5744,9	5749,5	5754,1	5758,7	5763,3	5767,9	5772,5	5777,1	5781,7
1,240	5832,3	5836,8	5841,4	5846,0	5850,6	5855,2	5859,8	5864,4	5869,0	5873,6
1,260	5924,1	5928,7	5933,3	5937,9	5942,5	5947,1	5951,7	5956,2	5960,8	5965,4
1,280	6015,9	6020,5	6025,1	6029,7	6034,3	6038,9	6043,4	6048,0	6052,6	6057,2
1,300	6107,7	6112,2	6116,8	6121,4	6126,0	6130,6	6135,2	6139,7	6144,3	6148,9
1,320	6199,3	6203,9	6208,5	6213,1	6217,7	6222,2	6226,8	6231,4	6236,0	6240,6
1,340	6291,0	6295,5	6300,1	6304,7	6309,3	6313,9	6318,4	6323,0	6327,6	6332,2
1,360	6382,5	6387,1	6391,7	6396,3	6400,8	6405,4	6410,0	6414,6	6419,1	6423,7
1,380	6474,0	6478,6	6483,2	6487,8	6492,3	6496,9	6501,5	6506,1	6510,6	6515,2
1,400	6565,5	6570,1	6574,6	6579,2	6583,8	6588,4	6592,9	6597,5	6602,1	6606,6
1,420	6656,9	6661,5	6666,0	6670,6	6675,2	6679,7	6684,3	6688,9	6693,4	6698,0
1,440	6748,2	6752,8	6757,4	6761,9	6766,5	6771,1	6775,6	6780,2	6784,8	6789,3
1,460	6839,5	6844,1	6848,6	6853,2	6857,8	6862,3	6866,9	6871,5	6876,0	6880,6
1,480	6930,7	6935,3	6939,9	6944,4	6949,0	6953,5	6958,1	6962,7	6967,2	6971,8
1,500	7021,9	7026,5	7031,0	7035,6	7040,1	7044,7	7049,2	7053,8	7058,4	7062,9
1,520	7113,0	7117,6	7122,1	7126,7	7131,2	7135,8	7140,3	7144,9	7149,4	7154,0
1,540	7204,1	7208,6	7213,2	7217,7	7222,3	7226,8	7231,4	7235,9	7240,5	7245,0
1,560	7295,1	7299,6	7304,2	7308,7	7313,3	7317,8	7322,3	7326,9	7331,4	7336,0
1,580	7386,0	7390,5	7395,1	7399,6	7404,2	7408,7	7413,3	7417,8	7422,4	7426,9
1,600	7476,9	7481,4	7486,0	7490,5	7495,0	7499,6	7504,1	7508,7	7513,2	7517,8
1,620	7567,7	7572,2	7576,8	7581,3	7585,9	7590,4	7594,9	7599,5	7604,0	7608,5
1,640	7658,5	7663,0	7667,5	7672,1	7676,6	7681,1	7685,7	7690,2	7694,7	7699,3
1,660	7749,2	7753,7	7758,2	7762,8	7767,3	7771,8	7776,4	7780,9	7785,4	7790,0
1,680	7839,8	7844,3	7848,9	7853,4	7857,9	7862,5	7867,0	7871,5	7876,1	7880,6
1,700	7930,4	7934,9	7939,5	7944,0	7948,5	7953,0	7957,6	7962,1	7966,6	7971,2
1,720	8020,9	8025,5	8030,0	8034,5	8039,0	8043,6	8048,1	8052,6	8057,1	8061,7
1,740	8111,4	8115,9	8120,5	8125,0	8129,5	8134,0	8138,5	8143,1	8147,6	8152,1
1,760	8201,8	8206,4	8210,9	8215,4	8219,9	8224,4	8228,9	8233,5	8238,0	8242,5
1,780	8292,2	8296,7	8301,2	8305,7	8310,3	8314,8	8319,3	8323,8	8328,3	8332,8
1,800	8382,5	8387,0	8391,5	8396,0	8400,5	8405,1	8409,6	8414,1	8418,6	8423,1
1,820	8472,7	8477,3	8481,8	8486,3	8490,8	8495,3	8499,8	8504,3	8508,8	8513,3
1,840	8562,9	8567,4	8571,9	8576,5	8581,0	8585,5	8590,0	8594,5	8599,0	8603,5
1,860	8653,1	8657,6	8662,1	8666,6	8671,1	8675,6	8680,1	8684,6	8689,1	8693,6
1,880	8743,1	8747,6	8752,1	8756,6	8761,1	8765,6	8770,1	8774,6	8779,1	8783,6
1,900	8833,1	8837,6	8842,1	8846,6	8851,1	8855,6	8860,1	8864,6	8869,1	8873,6
1,920	8923,1	8927,6	8932,1	8936,6	8941,1	8945,6	8950,1	8954,6	8959,1	8963,6
1,940	9013,0	9017,5	9022,0	9026,5	9031,0	9035,5	9040,0	9044,5	9048,9	9053,4
1,960	9102,8	9107,3	9111,8	9116,3	9120,8	9125,3	9129,8	9134,3	9138,8	9143,3
1,980	9192,6	9197,1	9201,6	9206,1	9210,6	9215,1	9219,6	9224,0	9228,5	9233,0
2,000	9282,4									

Ca. 4 Mz. / Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
 Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
 Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
 metrologia@exactitudperu.com  
 www.exactitudperu.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA

E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM

(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.  
 FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)

GEOEST.V@GMAIL.COM

TELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : GEO TEST V S.A.D

RUC : 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : MEJORAMIENTO DEL PARQUE SAN PEDRO EN EL BARRIO SAN PEDRO DE YAUYO DEL DISTRITO DE CHUPACA, PROVINCIA DE CHUPACA - DEPARTAMENTO DE JUNIN  
 Expediente N° : 058-EXP/GEO-TEST-V-SAC-2022  
 Código de formato : PM-EX-01/ REV.01/FECHA 2022  
 Peticionario : Arcim Consultores & contratistas S.A.C. RUC 20605787232  
 Ubicación : CHUPACA - JUNIN  
 Estructura : BASE GRANULAR  
 Cantera : :-  
 N° de muestra : --  
 Clase de material : BASE GRANULAR  
 Norma : NTP 339.143  
 Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de emisión : 8/08/2022

Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena  
 NTP 339.143

Hoja : 01 DE 01

<b>FECHA DE ENSAYO</b>
8/08/2022

CARACTERÍSTICAS SEGÚN PROCTOR MODIFICADO	
MAXIMA DENSIDAD SECA (g)	2.017 g/cm3
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (CM3)	8.5 %

**RESUMEN**

PROGRESIVA	DENSIDAD HUMEDA	CONTENIDO DE HUMEDAD	DENSIDAD SECA	GRADO DE COMPACTACIÓN
-	2.20 g/cm3	8.20 %	2.03 g/cm3	101 %
-	2.09 g/cm3	6.40 %	1.96 g/cm3	97 %
-	2.20 g/cm3	7.80 %	2.04 g/cm3	101.34 %

**UBICACIÓN DE PUNTOS**

PROGRESIVA	CARRIL	LADO
-	----	Centro
-	----	Centro
-	----	Centro

**NOTAS:**

- 1) Identificación de puntos realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

Luis Gamarrá Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198181

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
**GEO TEST V. S.A.C.**



DIRECCIÓN : Pse. GRAU N°211 - CHILCA  
 (Ved. a una cuadra frente al parque Pazo - Av. Ferroviaria en la zona Av. Leoncio Prado)  
 E-MAIL : labgotestv02@gmail.com / ggotestv@gmail.com  
 FACEBOOK : Geo Test V. S.A.C.  
 CELULAR : 952525151 - 972851911 - 991375093 RUC : 210606529229

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

MTG 6117

UBICACIÓN : MEJORAMIENTO DEL PARQUE SAN PEDRO EN EL BARRIO SAN PEDRO DE YAUJO DEL DISTRITO DE CHIMPACA, PROVINCIA DE CHIMPACA - DEPARTAMENTO DE JUNIN

TRAMO : PARQUE  
 MATERIAL : BASE GRANULAR  
 CANTERA :  
 COORDENADA UTM (1000000, 1100000)  
 ESCALA :  
 SOLICITADO POR : Acam Consultores & contratistas S.A.C. RUC  
 TÉCNICO : A.Y.G.  
 FECHA DE EMISIÓN : 8/06/2022

REGISTRO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent	Cent
01	7076	7067	7061													
02	7076	3248	2833													
03	4669	3019	4528													
04	1480	2030	3050													
05	3219	2335	3050													
06	1420	1420	1420													
07	2267	1647	2146													
08	5096	3547	4897													
09	0	0	0													
10	5096	3547	4897													
11	652	503	1011													
12	2640	2645	2640													
13	247	191	383													
14	4444	5044	3886													
15	2020	1457	1764													
16	2.20	2.09	2.20													
17																
18																
19																
20																
21																
22	6.2	6.4	7.8													
23																
24	2.20	2.09	2.20													
25	8.20	6.40	7.80													
26	2.03	1.96	2.04													
27	2.017	2.017	2.017													
28	8.50	8.50	8.50													
29	10.1	9.7	10.1													

LABORAT  
 Luis Gamarrta Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CP 198181

SERVICIOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO, INVESTIGACIONES Y CAMPO, DE ACUERDO A NORMATIVAS Y EXIGENCIAS TÉCNICAS EN LAS ESPECIALIDADES DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### LM-015-2022

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-22  
EXPEDIENTE : 023-2022

**1. SOLICITANTE** : GEO TEST V S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : BALANZA

MARCA : OHAUS  
MODELO : NV622  
NÚMERO DE SERIE : 8340086798  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 620 g  
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,01 g  
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e ) : 0,1 g  
CLASE DE EXACTITUD : III  
PROCEDENCIA : CHINA  
IDENTIFICACIÓN : NO INDICA  
TIPO : ELECTRONICA  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
FECHA DE CALIBRACION : 2022-02-21

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

**4. LUGAR DE CALIBRACION**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN



Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



Ca. 4 Mz. | Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
metrologia@exactitudperu.com  
www.exactitudperu.com



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-015-2022**

Página 2 de 3

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,6 °C	18,3 °C
Humedad Relativa	61 %HR	62 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0806-001-21

### 7. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 300,000 g			Carga L2 = 600,000 g		
	I (g)	ΔL(mg)	E (mg)	I (g)	ΔL(mg)	E (mg)
1	300,00	5	0	600,00	5	0
2	300,00	5	0	600,00	5	0
3	300,00	5	0	600,00	5	0
4	300,00	5	0	600,00	5	0
5	300,00	5	0	600,00	5	0
6	300,00	5	0	600,00	5	0
7	300,00	5	0	600,00	5	0
8	300,00	5	0	600,00	5	0
9	300,00	5	0	600,01	6	9
10	300,00	5	0	600,01	6	9
Diferencia Máxima			0	9		
Error máximo permitido			± 300 mg	± 300 mg		

Ca. 4 Mz. | Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
 Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
 Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
 metrologia@exactitudperu.com  
 www.exactitudperu.com

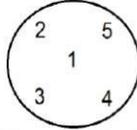


# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-015-2022

Página 3 de 3



#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Vista Frontal		Temp. (°C)			Temp. (°C)					
					Inicial		Final			
					18,6		18,6			
Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido					
	Carga mínima*	I (g)	ΔL (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1	0,100 g	0,10	5	0	200,00	200,00	5	0	0	
2		0,10	5	0		200,01	6	9	9	
3		0,10	5	0		200,01	6	9	9	
4		0,10	5	0		199,99	4	-9	-9	
5		0,10	5	0		199,99	4	-9	-9	
							Error máximo permitido : ± 200 mg			

(\*) valor entre 0 y 10 e

#### ENSAYO DE PESAJE

Carga	CRECIENTES					DECRECIENTES				± e.m.p (**)
	L (g)	I (g)	ΔL(mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,100	0,10	5	0	0	0	0,20	5	0	0	100
0,200	0,20	5	0	0	0	2,00	5	0	0	100
2,000	2,00	5	0	0	0	5,00	5	0	0	100
5,000	5,00	5	0	0	0	50,00	5	0	0	100
50,000	50,00	5	0	0	0	100,00	5	0	0	200
100,000	100,00	5	0	0	0	200,00	5	0	0	200
200,000	200,00	5	0	0	0	300,00	5	0	0	300
300,000	299,99	4	-9	-9	-9	399,99	4	-9	-9	300
400,000	399,99	4	-9	-9	-9	499,99	4	-9	-9	300
500,000	499,99	4	-9	-9	-9	619,99	4	-9	-9	300
620,000	619,99	4	-9	-9	-9					

(\*\*) error máximo permitido

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).  
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.  
E<sub>0</sub> : Error en cero.

Ec : Error corregido.  
ΔL : Incremento de pesas patrones.

$$\text{Lectura corregida } R_{\text{CORREGIDA}} = R + 1,71 \times 10^{-5} \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U = 2 \times \sqrt{3,78 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 2,43 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

**INFORME DE VERIFICACIÓN**  
**MT - IV - 170 - 2021**

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

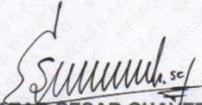
<p><b>1. Expediente</b>                      <b>200242</b></p> <p><b>2. Solicitante</b>                      <b>ORDOÑEZ CAMPOSANO VLADIMIR</b></p> <p><b>3. Dirección</b>                          <b>Jr Grau 211, Huancayo - JUNIN</b></p> <p><b>4. Instrumento de medición</b>      <b>CAZUELA CASAGRANDE</b></p> <p><b>Marca</b>                                  <b>FORNEY</b></p> <p><b>Modelo</b>                                <b>LA-3715</b></p> <p><b>Procedencia</b>                        <b>U.S.A.</b></p> <p><b>Número de Serie</b>                  <b>542</b></p> <p><b>Código de Identificación</b>        <b>NO INDICA</b></p> <p><b>Tipo de contador</b>                  <b>ANALÓGICO</b></p> <p><b>5. Fecha de Verificación</b>        <b>2021-06-04</b></p>	<p>Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA &amp; TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
--	---

**Fecha de Emisión**

**Jefe del Laboratorio de Metrología**

**Sello**

**2021-06-08**

  
**ELEAZAR CÉSAR CHÁVEZ RARAZ**



**INFORME DE VERIFICACIÓN  
MT - IV - 170 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

**6. Método de Verificación**

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

**7. Lugar de Verificación**

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,6 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Regla de acero Clase I INACAL DM/LLA-256-2017	Regla de acero de 1000 mm con incertidumbre de 0,1 mm	INACAL DM LLA-052-2018
Magnificador óptico con retícula de medición. INACAL DM/LLA-043-2017		

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

**INFORME DE VERIFICACIÓN  
MT - IV - 170 - 2021**

Página 3 de 3

**11. Resultados**

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

**DIMENSIONES DE LA BASE DE GOMA DURA**

Altura (mm)	Profundidad (mm)	Ancho (mm)
50,88	150,16	125,05

**DIMENSIONES DE LA COPA**

Radio de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Altura desde la guía del elevador hasta la base (mm)
53,57	2,01	47,41

---

Fin del Documento

---

**Anexo N°06: Ficha técnica**



**i. Tecnología PROES**

El proceso PROES® de estabilización química de suelos (patentado) trata el suelo natural transformándolo en una base impermeable, resistente (CBR > 100%) y flexible.

Este proceso ocupa:

- a. El suelo natural con plasticidad
- b. El aditivo líquido PROES, que actúa por ionización y ordena las partículas del suelo.
- c. Aditivo sólido que sirve como aglomerante.

La base generada con PROES aporta toda la capacidad estructural necesaria, por lo que requiere de una carpeta de rodado sólo como protección de la abrasión producida por el tráfico y según el estándar de operación esperado.

**ii. Consideraciones de uso.**

1. Se deben asegurar condiciones de homogeneidad y composición adecuada en el suelo a tratar de acuerdo a estudios y especificaciones de acuerdo a PROES.
2. Al suelo a tratar se debe agregar un aditivo sólido, el cuál consiste en cemento u otro filler gestionable localmente.
3. El aditivo líquido PROES se agrega al suelo en dosis de 0,30 a 0,35 lt/m<sup>3</sup> de suelo estabilizado. La aplicación se realiza utilizando un camión aljibe, donde se diluye el aditivo PROES en agua previo a su aplicación.
4. La finalización del proceso contempla revolver y extender el suelo tratado con motoniveladora, y luego el compactado con rodillo vibratorio. Este proceso debe realizarse en las 4 horas inmediatamente posteriores al riego.

**iii. Condiciones de transporte del aditivo líquido**

**Envase** : Estanque HDPE anillado de 55 galones 200 litros, sellado, diámetro 595 mm, altura 888 mm (ver ilustración adjunta).

**Transporte:** : los estanques se movilizan en pallets de 1000mm x 1200 mm.



**iv. Condiciones químicas del aditivo líquido**

**División de riesgo** : Clase 8 - Líquido corrosivo  
**Código UN** : NU 3256  
**Estado físico** : líquido de color oscuro y apariencia oleosa  
**Peso específico** : 1,15  
**pH** : 1 a 1,5 en estanque, 4 a 6 en aplicación según dilución.  
**Estabilidad** : producto estable a temperatura ambiente, mantener bajo 100°C  
**Fecha de caducación** : no tiene

**Anexo N°07: La data de procesamiento de datos**

Tabla 44. Resumen de datos del ensayo de PH

<b>Muestra</b>	<b>Suelo natural</b>	<b>Suelo natural + 3% de aceite sulfonado con cemento</b>	<b>Suelo natural + 5% de aceite sulfonado con cemento</b>	<b>Suelo natural + 5% de aceite sulfonado con cemento</b>
pH	7.6	12.4	12.7	13.4

Tabla 45. Resumen de datos del ensayo de Proctor

<b>Proctor</b>	<b>Muestra patrón</b>	<b>Muestra patrón + adición de 3% de cemento con aceite sulfonado</b>	<b>Muestra patrón + adición de 5% de cemento con aceite sulfonado</b>	<b>Muestra patrón + adición de 7% de cemento con aceite sulfonado</b>
MDS	1.916	1.932	1.960	1.975
OCH	14.35	11.29	15.20	15.60

Tabla 46. Resumen de datos del ensayo de CBR

<b>CBR</b>	<b>Muestra patrón</b>	<b>Material patrón + adición de 3% de cemento con aceite sulfonado</b>	<b>Material patrón + adición de 5% de cemento con aceite sulfonado</b>	<b>Material patrón + adición de 7% de cemento con aceite sulfonado</b>
100% de MDS	5.90	11.60	48.90	99.10
95% de MDS	5.00	7.00	36.50	78.30

**Anexo N°08: Fotografía de la aplicación del instrumento**



Fotografía 1, Fotografía 2: Determinación del contenido de Humedad de suelos NTP 339.127

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 3, Fotografía 4. Análisis granulométrico de suelos según NTP: 339.128

Fuente: Elaboración propia



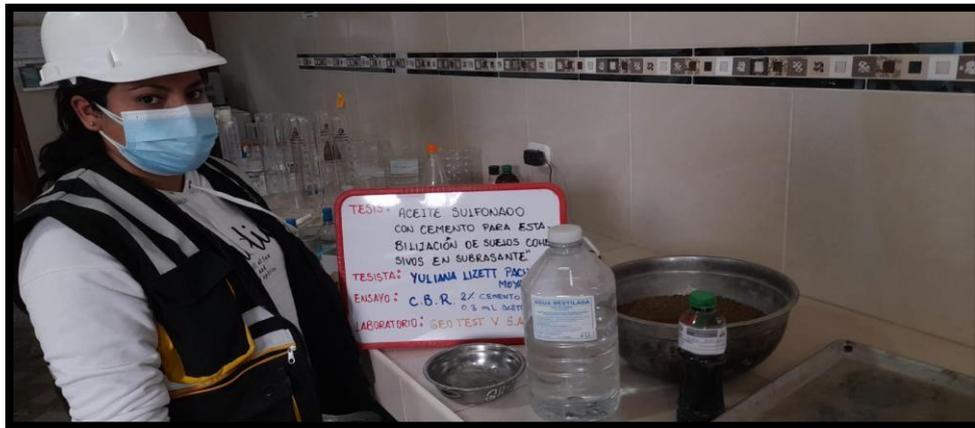
Fotografía 5, Desarrollo del ensayo de PROCTOR MODIFICADO CONVENCIONAL de acuerdo a la NTP339.141 1999

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 6, Fotografía 7. Ensayo de CBR CONVENCIONAL de acuerdo a la NTP 339.145-CBR

Fuente: Elaboración propia



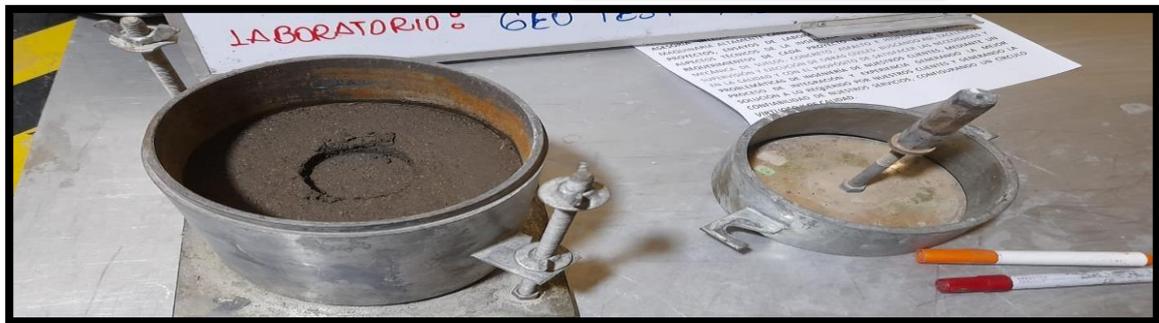
Fotografía 8, Fotografía 9. Ensayo de CBR con ADICION DEL 2% de cemento y 0.3 ml. De aceite sulfonado.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 10, Fotografía 11. Ensayo de CBR con ADICION DEL 2% de cemento y 0.4 ml. De aceite sulfonado.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 12, Fotografía 13, Fotografía 14. Ensayo de CBR con ADICION DEL 2% de cemento y 0.5 ml. De aceite sulfonado.

Fuente: Elaboración propia



*Fotografía 15, Fotografía 16, Fotografía 17. Tramo de prueba, suelo compactado estabilizado.*

*Fuente: Elaboración propia*