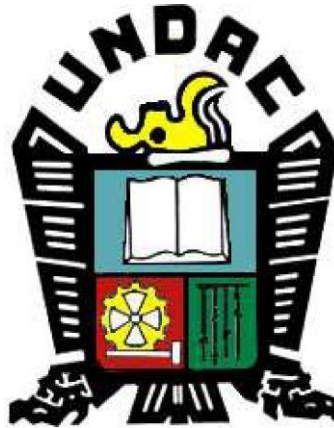


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTA DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**T E S I S**

**Influencia del aceite residual automotor en la estabilización del material de la cantera de Sacra Familia a nivel de afirmados - Pasco 2023.**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Civil**

**Autor :**

**Bach. Kevin Edson CAMPOS BENAVIDES**

**Asesor :**

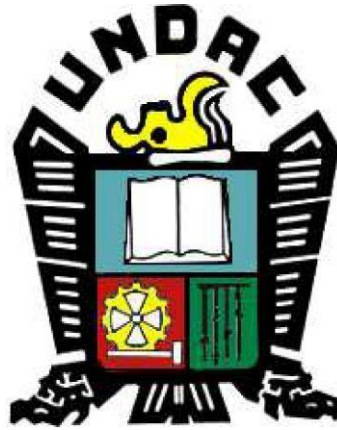
**Mg. Lucio ROJAS VITOR**

**Cerro de Pasco - Perú - 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTA DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**T E S I S**

**Influencia del aceite residual automotor en la estabilización del material de  
la cantera de Sacra Familia a nivel de afirmados - Pascó 2023.**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

**PRESIDENTE**

---

Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO

**MIEMBRO**

---

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA

**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 079-2024-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA  
ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A  
NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023.**

Apellidos y nombres de los tesistas:

**Bach. CAMPOS BENAVIDES, Kevin Edson**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Mg. ROJAS VITOR, Lucio**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Civil**

Índice de Similitud

**13 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 04 de marzo del 2024

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
**Luis Villa Requiza Carbajal**  
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

A Dios Padre y nuestro señor Jesucristo quien ofreció su vida para ser perdonados de nuestros pecados. A mis Padres Bacilia Benavides Cruz y Edson Campos Falcón por ser el motivo de mi superación A mis Hermanos Álvaro y Edgar por brindarme su apoyo incondicional en cada momento de mi etapa universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por ser el autor de la vida y de cada uno de mis logros. A mis padres y hermanos quienes me brindaron su apoyo en toda mi etapa universitaria. A mi asesor y docentes de la Escuela de formación profesional de Ingeniería Civil de la UNDAC por compartirme sus conocimientos en mi etapa universitaria. A la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, por brindarme las facilidades para la ejecución de este proyecto

## RESUMEN

La pérdida de las propiedades mecánicas de los suelos es una problemática que se presentan en las carreteras de tercera clase y caminos vecinales afirmadas por lo que el material utilizado debe de garantizar la durabilidad y el cumplimiento del periodo de vida. Por ello en la ciudad de Cerro de Pasco se cuenta con el material afirmado de la cantera de sacra familia el cual se viene utilizando con frecuencia, para ello es necesario garantizar la conservación de sus propiedades mecánicas mediante la adición de un estabilizador como el aceite residual automotor; es por ello que el objetivo de esta investigación fue determinar la influencia que genera el aceite residual automotor en la estabilización del material de afirmados, determinando la consistencia, compacidad y la capacidad de carga de este material luego de adicionar aceite residual automotor.

Para ello se realizaron ensayos de laboratorio de acuerdo a las normativas ASTM y normas técnicas peruanas tomando como muestra el afirmado en estado natural y añadiendo un porcentaje de 1%,2%,3% y 4% de aceite residual, por lo que se obtuvo como resultados referidos a la consistencia un IP del 9.99%, 9.19%, 6.30%, 8.58, respectivamente; en la compacidad un aumento del 2.322, 2.342, 2.363, 2.3350 gr/cm<sup>3</sup> y una capacidad de carga del 71.10%, 82.50%, 89.60% y 85.30%. Demostrando que al añadir aceite residual al suelo afirmado produce un mejoramiento en la conservación de sus propiedades mecánicas.

**Palabras clave:** Estabilización, suelos afirmados, Aceite residual automotor

## **ABSTRACT**

The loss of the mechanical properties of soils is a problem that occurs on third-class roads and consolidated local roads, so the material used must guarantee durability and compliance with the life period. For this reason, in the city of Cerro de Pasco there is the affirmed material from the Sacra Familia quarry which has been used frequently, for this it is necessary to guarantee the conservation of its mechanical properties by adding a stabilizer such as residual oil. automotive; That is why the objective of this research was to determine the influence generated by automotive residual oil on the stabilization of the affirmed material, determining the consistency, compactness and load capacity of this material after adding automotive residual oil.

For this, laboratory tests were carried out in accordance with ASTM regulations and Peruvian technical standards, taking as a sample the affirmed in its natural state and adding a percentage of 1%, 2%, 3% and 4% of residual oil, so that as results referring to consistency, a PI of 9.99%, 9.19%, 6.30%, 8.58, respectively; in compactness an increase of 2.322, 2.342, 2.363, 2.3350 gr/cm<sup>3</sup> and a load capacity of 71.10%, 82.50%, 89.60% and 85.30%. Demonstrating that adding residual oil to the affirmed soil produces an improvement in the conservation of its mechanical properties.

**Keywords:** Stabilization, affirmed soils, Automotive residual oil

## INTRODUCCION

En el Distrito de Simón Bolívar, centro poblado de Sacra familia, se viene utilizando canteras de afirmado para capas de rodadura en trochas carrozables y caminos vecinales, por lo que es de suma importancia garantizar la durabilidad de este material mediante el mejoramiento de sus propiedades mecánicas. Por otro lado, en la ciudad de Cerro de Pasco se viene teniendo aceite residual proveniente de los vehículos, pues al no contar con un espacio de reciclaje de estos residuos, se propone darle un segundo uso como estabilizador del suelo.

Es por ello, que el fin de este estudio es determinar la influencia que genera el añadir aceite residual automotor en el material de afirmado de la cantera de Sacra familia, para mejorar sus propiedades mecánicas y contar con vías más conservadas.

El marco teórico se revisarán investigaciones realizadas referente a la estabilización de suelos con la adición de aceite residual, por lo que es necesario conocer las propiedades del aceite residual, así como las principales características de los suelos afirmados.

El tipo de investigación es experimental y las técnicas e instrumentos de investigación se emplearon los formatos y procedimientos establecidos en las normas técnicas peruanas y la normativa internacional ASTM.

La discusión de los resultados aportará los hallazgos encontrados al momento de la experimentación y en la conclusión se mencionará los indicadores de mejora del material de afirmado.



## INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRAC	
INTRODUCCION	
INDICE	

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3. Formulación del problema .....	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Justificación de la investigación .....	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	6
2.2. Bases Teóricas – Científicas .....	9
2.3. Definición de términos básicos .....	20
2.4. Formulación de Hipótesis .....	25
2.4.1. Hipótesis General .....	25
2.4.2. Hipótesis Especificas .....	25
2.5. Identificación de Variables .....	25
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	25

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACION**

3.1. Tipo de investigación .....	27
3.2. Nivel de Investigación .....	27
3.3. Métodos de investigación.....	28
3.4. Diseño de investigación .....	28
3.5. Población y muestra .....	29
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	31
3.8. Tratamiento estadístico .....	31
3.9. Orientación ética, filosófica y epistémica .....	31

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACION**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	32
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	49
4.3. Prueba de hipótesis.....	86
4.4. Discusión de resultados.....	115

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Gradación del material de afirmado .....	12
<b>Tabla 2</b>	Porcentaje de gradación en afirmados .....	13
<b>Tabla 3</b>	Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	15
<b>Tabla 4</b>	Clasificación de suelos según Índice de plasticidad.....	15
<b>Tabla 5</b>	Clasificación de suelos según Índice de grupo.....	17
<b>Tabla 6</b>	Clasificación de suelos AASHTO - SUCS.....	17
<b>Tabla 7</b>	Clasificación de suelos según AASHTO M 145 y ASTM D 3282.....	18
<b>Tabla 8</b>	Cuadro de operacionalización de variables .....	25
<b>Tabla 9</b>	Ensayos y cantidad de muestra.....	30
<b>Tabla 10</b>	Resultados del contenido de Humedad del afirmado Muestra 01 .....	49
<b>Tabla 11</b>	Resultados del contenido de Humedad del afirmado Muestra 02 .....	50
<b>Tabla 12</b>	Resultados del contenido de Humedad del afirmado Muestra 03 .....	50
<b>Tabla 13</b>	Ensayo de granulometría del afirmado natural.....	51
<b>Tabla 14</b>	Ensayos de límite de consistencia suelo de afirmado natural.....	53
<b>Tabla 15</b>	Cálculo de Límites líquido, plástico e índice de plasticidad. ....	54
<b>Tabla 16</b>	Ensayos de límite de consistencia suelo con adición del 1% de Aceite residual automotor .....	55
<b>Tabla 17</b>	Cálculo de Límites líquido, plástico e índice de plasticidad con adición del 1% de Aceite residual automotor .....	56
<b>Tabla 18</b>	Ensayos de límite de consistencia suelo con adición del 2% de Aceite residual automotor .....	57

<b>Tabla 19</b> Cálculo de Límites líquido, plástico e índice de plasticidad con adición del 2% de Aceite residual automotor .....	58
<b>Tabla 20</b> Ensayos de límite de consistencia suelo con adición del 3% de Aceite residual automotor .....	59
<b>Tabla 21</b> Cálculo de Límites líquido, plástico e índice de plasticidad con adición del 3% de Aceite residual automotor .....	60
<b>Tabla 22</b> Ensayos de límite de consistencia suelo con adición del 4% de Aceite residual automotor.....	61
<b>Tabla 23</b> Cálculo de Límites líquido, plástico e índice de plasticidad con adición del 4% de Aceite residual automotor .....	62
<b>Tabla 24</b> Límites líquidos del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor.....	63
<b>Tabla 25</b> Límites plásticos del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor.....	64
<b>Tabla 26</b> Índice plasticidad del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor.....	65
<b>Tabla 27</b> Ensayo de compactación - Proctor modificado ASTM D1557 suelo natural para afirmado.....	67
<b>Tabla 28</b> Ensayo de compactación - Proctor modificado ASTM D1557 suelo natural para afirmado + 1% de Aceite residual automotor.....	68
<b>Tabla 29</b> Ensayo de compactación - Proctor modificado para CBR ASTM D1557 / ASTM D1883 suelo para afirmado + 2% de Aceite residual automotor .....	69
<b>Tabla 30</b> Ensayo de compactación - Proctor modificado para CBR ASTM D1557 / ASTM D1883 suelo para afirmado + 3% de Aceite residual automotor .....	70
<b>Tabla 31</b> Ensayo de compactación - Proctor modificado para CBR ASTM D1557 / ASTM D1883 suelo para afirmado + 4% de Aceite residual automotor .....	71

<b>Tabla 32</b> Densidad máxima seca del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor .....	72
<b>Tabla 33</b> Contenido óptimo de humedad de compactación del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor .....	74
<b>Tabla 34</b> Ensayo CBR - ASTM D1883 del afirmado en estado natural.....	75
<b>Tabla 35</b> Determinación del contenido óptimo de humedad del ensayo CBR del afirmado en estado natural.....	75
<b>Tabla 36</b> Ensayo de penetración del afirmado en estado natural .....	76
<b>Tabla 37</b> Ensayo CBR - ASTM D1883 del afirmado en estado natural +1% de aceite residual automotor .....	77
<b>Tabla 38</b> Determinación del contenido óptimo de humedad del ensayo CBR del afirmado en estado natural +1% de aceite residual automotor.....	77
<b>Tabla 39</b> Ensayo de penetración del afirmado en estado natural +1% de aceite residual automotor.....	78
<b>Tabla 40</b> Ensayo CBR - ASTM D1883 del afirmado en estado natural +2% de aceite residual automotor .....	79
<b>Tabla 41</b> Determinación del contenido óptimo de humedad del ensayo CBR del afirmado en estado natural +2% de aceite residual automotor.....	79
<b>Tabla 42</b> Ensayo de penetración del afirmado en estado natural +2% de aceite residual automotor.....	80
<b>Tabla 43</b> Ensayo CBR - ASTM D1883 del afirmado en estado natural +3% de aceite residual automotor .....	81
<b>Tabla 44</b> Determinación del contenido óptimo de humedad del ensayo CBR del afirmado en estado natural +3% de aceite residual automotor.....	81
<b>Tabla 45</b> Ensayo de penetración del afirmado en estado natural +3% de aceite residual automotor.....	82

<b>Tabla 46</b> Ensayo CBR - ASTM D1883 del afirmado en estado natural +4% de aceite residual automotor .....	83
<b>Tabla 47</b> Determinación del contenido óptimo de humedad del ensayo CBR del afirmado en estado natural +4% de aceite residual automotor.....	83
<b>Tabla 48</b> Ensayo de penetración del afirmado en estado natural +4% de aceite residual automotor.....	84
<b>Tabla 49</b> Valores CBR del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor.....	85
<b>Tabla 50</b> Valores del IP, Densidad máxima seca y CBR .....	86
<b>Tabla 51</b> Estadística Descriptiva del Limite Liquido .....	88
<b>Tabla 52</b> Prueba de Normalidad del limite liquido.....	90
<b>Tabla 53</b> Prueba ANOVA del Limite Liquido .....	90
<b>Tabla 54</b> Comparaciones múltiples Tukey y Bonferroni del Limite liquido.....	91
<b>Tabla 55</b> Estadística Descriptiva del Limite Plástico .....	93
<b>Tabla 56</b> Prueba de normalidad del Limite plastico .....	95
<b>Tabla 57</b> Prueba ANOVA del Limite Plástico .....	95
<b>Tabla 58</b> Comparaciones múltiples Tukey y Bonferroni del Limite plástico.....	96
<b>Tabla 59</b> Estadística Descriptiva del Índice de plasticidad .....	98
<b>Tabla 60</b> Prueba de Normalidad del Índice de plasticidad .....	100
<b>Tabla 61</b> Prueba ANOVA del Índice de plasticidad.....	100
<b>Tabla 62</b> Comparaciones múltiples Tukey y Bonferroni del Índice de plasticidad.....	101
<b>Tabla 63</b> Estadística Descriptiva del grado de Densidad máxima seca.....	104
<b>Tabla 64</b> Prueba de Normalidad del grado de Densidad máxima seca .....	106

<b>Tabla 65</b> Prueba ANOVA de la Densidad máxima seca .....	106
<b>Tabla 66</b> Comparaciones múltiples Tukey y Bonferroni del grado de Densidad máxima seca .....	107
<b>Tabla 67</b> Estadística Descriptiva del CBR .....	110
<b>Tabla 68</b> Prueba de Normalidad del CBR .....	112
<b>Tabla 69</b> Prueba ANOVA del CBR.....	112
<b>Tabla 70</b> Comparaciones múltiples Tukey y Bonferroni del CBR.....	113

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Esquema de Proceso de estabilización de suelos .....	20
<b>Figura 2</b>	Reconocimiento de la cantera en Sacra familia .....	33
<b>Figura 3</b>	Selección de la muestra para ejecución del proyecto.....	33
<b>Figura 4</b>	Recolección de la muestra para realizar los ensayos .....	34
<b>Figura 5</b>	Selección de espécimen de suelo afirmado.....	35
<b>Figura 6</b>	Pesado de espécimen para determinación del contenido de humedad natural .....	35
<b>Figura 7</b>	Colocación de la muestra al horno.....	36
<b>Figura 8</b>	Cuarteo de la muestra.....	37
<b>Figura 9</b>	Tamizado del espécimen.....	37
<b>Figura 10</b>	Clasificación del suelo por tamaño .....	38
<b>Figura 11</b>	Preparación de la muestra e instrumentos del Limite liquido.....	39
<b>Figura 12</b>	Determinación del límite liquido en la copa de Casagrande.....	40
<b>Figura 13</b>	Amasado del suelo para determinación del límite plástico.....	41
<b>Figura 14</b>	Muestras secas para la determinación de los límites de consistencia .....	41
<b>Figura 15</b>	Preparación de espécimen e instrumentos para ensayo Proctor.....	42
<b>Figura 16</b>	Especímenes para el ensayo de Proctor modificado .....	43
<b>Figura 17</b>	Compactado del espécimen mediante el martillo Proctor.....	43
<b>Figura 18</b>	Muestras del suelo compactado para secado en el horno .....	45
<b>Figura 19</b>	Preparación de espécimen e instrumentos para ensayo CBR .....	45
<b>Figura 20</b>	Proceso de compactación .....	46



<b>Figura 21</b>	Saturación de los especímenes.....	47
<b>Figura 22</b>	Ensayo de penetración con equipo CBR.....	48
<b>Figura 23</b>	Distribución Granulométrica Acumulativa afirmado .....	52
<b>Figura 24</b>	Límite liquido suelo de afirmado natural.....	54
<b>Figura 25</b>	Limite liquido del suelo con adición del 1% de Aceite residual automotor para afirmado.....	56
<b>Figura 26</b>	Límite liquido suelo con adición del 2% de Aceite residual automotor para afirmado.....	58
<b>Figura 27</b>	Límite liquido suelo con adición del 3% de Aceite residual automotor para afirmado.....	60
<b>Figura 28</b>	Límite liquido suelo con adición del 4% de Aceite residual automotor para afirmado.....	62
<b>Figura 29</b>	Grafica de los Limites líquidos del afirmado.....	63
<b>Figura 30</b>	Grafica de los Limites plásticos del afirmado.....	65
<b>Figura 31</b>	Grafica de los índices de plasticidad del afirmado .....	66
<b>Figura 32</b>	Figura relación Humedad – Densidad seca suelo para afirmado natural...	68
<b>Figura 33</b>	Figura relación Humedad – Densidad seca suelo para afirmado +1% de Aceite residual.....	69
<b>Figura 34</b>	Figura relación Humedad – Densidad seca suelo para afirmado + 2% de aceite residual automotor.....	70
<b>Figura 35</b>	Figura relación Humedad – Densidad seca suelo para afirmado + 3% .....	71
<b>Figura 36</b>	Figura relación Humedad – Densidad seca suelo para afirmado + 3% .....	71
<b>Figura 37</b>	Figura relación Humedad – Densidad seca suelo para afirmado + 4% de aceite residual automotor.....	72

<b>Figura 38</b>	Grafica de las densidades máximas secas .....	73
<b>Figura 39</b>	Grafica de los contenidos óptimos de humedad de compactación .....	74
<b>Figura 40</b>	Grafico de los valores CBR a los 56, 25 y 12 golpes del afirmado en estado natural .....	76
<b>Figura 41</b>	Grafico de los valores CBR a los 56, 25 y 12 golpes del afirmado en estado natural .....	76
<b>Figura 42</b>	Gráfico de los valores CBR a los 56, 25 y 12 golpes del afirmado en estado natural +1% de aceite residual automotor. ....	78
<b>Figura 43</b>	Gráfico de los valores CBR a los 12, 25 y 56 golpes del afirmado en estado natural +2% de aceite residual automotor .....	80
<b>Figura 44</b>	Gráfico de los valores CBR a los 12, 25 y 56 golpes del afirmado en estado natural +3% de aceite residual automotor .....	82
<b>Figura 45</b>	Gráfico de los valores CBR a los 12, 25 y 56 golpes del afirmado en estado natural +4% de aceite residual automotor .....	84
<b>Figura 46</b>	Grafica de los valores CBR.....	85
<b>Figura 47</b>	Diagrama de caja del Limite Liquido .....	92
<b>Figura 48</b>	Diagrama de caja del Limite Plástico .....	97
<b>Figura 49</b>	Diagrama de caja del Índice de plasticidad.....	102
<b>Figura 50</b>	Diagrama de caja de la densidad máxima seca.....	108
<b>Figura 51</b>	Diagrama de caja del CBR.....	114

## **CAPITULO I:**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En la provincia de Pasco, se viene utilizando material afirmado para uso de vías no pavimentadas proveniente de la cantera del centro poblado de Sacra Familia, el cual presenta problemas de perdidas en sus propiedades físico mecánicas por el desgaste natural de uso, presencia de lluvias constantes y nevadas por sus propias características geográficas de la provincia.

Para ello, el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC,2014) recomienda el empleo de un estabilizador para el mejoramiento de estos suelos. Es así que, se recurre a buscar otras alternativas más viables de estabilización donde se trata de mejorar las propiedades del suelo, mediante la mezcla con aditivos y minerales que producirán reacciones químicas y así se logre mejorar estas características.

Es por ello que se han investigado diversos materiales que cumplan con la tarea de mejorar y mantener constantes las propiedades físicas, entre ellos tenemos la cal, la escoria, el cloruro de sodio, el cloruro de calcio, el cloruro de magnesio,

productos asfálticos, etc. Así mismo dentro de estos materiales encontramos las investigaciones realizadas con aceite residual automotor donde hasta hoy se han obtenido resultados favorables tal como lo menciona Villanueva (2022) quien en su investigación concluye que luego de haber realizado los estudios necesarios se obtuvo una mejora en la estabilización de suelos arcillosos disminuyendo la consistencia (límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad), contenido de humedad, e incrementando la densidad máxima seca y CBR.

Por lo expuesto, el propósito de este proyecto de investigación es conocer la influencia del aceite residual automotor en la estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados, de tal modo se logre tener vías afirmadas de mayor durabilidad para beneficio de los usuarios.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Delimitación teórica**

El siguiente proyecto, tiene como tema de investigación la influencia del aceite residual automotor para la estabilización del material de la cantera de Familia, tomando en consideración las indicaciones y parámetros del manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### **1.2.2. Delimitación espacial**

La investigación se realizó con material para afirmado extraído de la cantera de Sacra Familia que se encuentra ubicado en el distrito de Simón Bolívar, provincia de Pasco y región de Pasco.

### **1.2.3. Delimitación temporal**

La etapa de toma de muestras, ensayos de laboratorio y recolección de datos se realizó entre los meses de mayo y Setiembre del año 2023.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es la Influencia del aceite residual automotor en la estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la influencia del aceite residual automotor en relación a los límites de consistencia del material de la cantera de Sacra familia para afirmados?
- ¿Cuál es la influencia del aceite residual automotor en relación al grado de compacidad del material de la cantera de Sacra familia para afirmados?
- ¿Cuál es la influencia del aceite residual automotor en relación a la capacidad de carga del material de la cantera de Sacra familia para afirmados?

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la influencia del aceite residual automotor en la estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la influencia del aceite residual automotor en relación a los límites de consistencia del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.
- Determinar la influencia del aceite residual automotor en relación al grado de compacidad del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.

- Determinar la influencia del aceite residual automotor en relación a la capacidad de carga del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.

## **1.5. Justificación de la investigación**

La presente investigación podemos justificarlo desde varios enfoques

### **1.5.1. Justificación Práctica**

Actualmente, la ciudad de Cerro de Pasco cuenta con una considerable cantidad de aceite residual automotriz sin alternativa de disposición, con un inadecuado manejo de la operación de tratamiento final. Es así que para evitar la contaminación ambiental se sugiere reutilizar o reciclar en la estabilización de suelos afirmados. Esta opción de reciclaje es de mucho interés tanto en términos de estabilidad y responsabilidad ambiental.

### **1.5.2. Justificación Teórica**

La investigación nos permitió conocer teóricamente la influencia que generó la adición del aceite residual automotriz lo cual quedara como antecedente para futuras investigaciones, por lo que al usar aceite residual automotor como agente estabilizador, conlleva a la disminución de proporción de agua para lograr un contenido de humedad óptimo y una máxima densidad seca; así obtener una alta capacidad de carga del material, logrando prolongar su periodo de vida.

### **1.5.3. Justificación Metodológica**

Este estudio proporciona antecedentes en el campo de la estabilización de suelos mediante la reacción química realizando ensayos de laboratorio tomando como muestra el material de la cantera Sacra familia para afirmados así como, el aceite de origen automotriz, Para ello se utilizaron instrumentos y técnicas de recolección de datos, bajo los estándares del Ministerio de Transportes y

Comunicaciones, por lo que los resultados podrán ser de ayuda y de aporte a futuras investigaciones en referencia a estos materiales.

#### **1.5.4. Justificación Social**

Con esta investigación, se aporta soluciones al desgaste del afirmado obtenido de la cantera de Sacra familia y así obtener vías más resistentes y óptimas, garantizando una transitabilidad con normalidad y confort para los usuarios.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

La presente investigación tiene como limitaciones:

- La escasa información de investigaciones de estabilización de material afirmado con aceite residual automotor.
- Información de la características físico mecánicas de la cantera de Sacra Familia.
- La investigación se realizó íntegramente en laboratorio.

## **CAPITULO II:**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

En esta parte del estudio, se hizo una revisión exhaustiva de la literatura existente respecto a nuestro tema de estudio en los diferentes ámbitos se pudo encontrar lo siguiente:

##### **2.1.1. Antecedentes a nivel internacional**

A nivel internacional encontramos investigaciones como la de Alarcón et al.(2020) titulado Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso, esta investigación tomo como muestras suelos de subrasante de la región de Tunja en Colombia, por lo que mediante la adición de lodo aceitoso en un 4%, se logró un aumento en la capacidad de carga del 32% en comparación al 30% de CBR del suelo natural. Los investigadores concluyen que la adición de lodo aceitoso produjo resultados positivos y ayuda en la mejora de los suelos afirmados a nivel de subrasante.

Diaz y Páez (2019). En su tesis titulado Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material



granular arcilloso, estudio el comportamiento del aceite residual en los suelos granulares arcillosos; Para ello, realizo 19 muestras de 50mm de diámetro por 100mm de altura en donde añadió el 2% de aceite sulfonado, por lo que concluyo en su investigación que al incluir este agente estabilizante se presenta un aumento del 60% en la rigidez del suelo granular arcilloso en comparación a su estado natural.

Patín (2018) realizo una investigación con el objetivo de buscar alternativas innovadoras para lograr una mejora del suelo arenoso y así, evitar el reemplazo del material para optimizar el presupuesto en la construcción de obras viales, por lo que realizo múltiples ensayos para encontrar el contenido óptimo de aceite quemado; es así que mediante la adición del 10-11% de aceite residual, obtuvo como resultado promedio de 20,18% de CBR al 95% de su densidad máxima seca, en comparación al resultado promedio de CBR de 13.35% al 95% de su densidad máxima seca del suelo en estado natural. Concluyendo en su investigación que existe una diferencia de aumento en un 6.83% de CBR con la adición de aceite quemado.

### **2.1.2. Antecedentes a nivel nacional**

En el Perú tenemos la investigación de Huamán y Camacho (2022) quienes nos mencionan que el objetivo de su investigación es mejorar las características mecánicas del suelo a nivel de subrasante, mediante la adición del 2%, 4%, 8% y 12% de aceite residual de motor diésel por lo que concluye que la incorporación de este aditivo en un 8% y 12%, poseen similares resultados en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo (capacidad de carga, plasticidad, densidad máxima seca).

A sí mismo, Huarsaya (2022) en su tesis titulado Estabilización de suelo cohesivo de subrasante con aceite residual para la pavimentación de la Av. Santiago Geraldo, Juliaca, Puno, 2022, realizó su investigación con la finalidad de determinar el efecto que produce la incorporación del aceite residual en la estabilización de suelos cohesivos a nivel de subrasante, por lo que ensayó muestras de suelos con la adición de porcentajes al 2.5%, 5% y 7.5% de aceite quemado. Luego de realizar los ensayos en laboratorio, los autores de esta investigación concluyen que existe un incremento del 3.8% de CBR que los resultados obtenidos son favorables y teniendo como resultado un incremento de 3.8% en la capacidad de carga de los suelos cohesivos.

Barreto y Taco (2021) en su investigación titulado Estabilización de base granular con aceite sulfonado y cemento portland tipo i del camino vecinal “Huasahuasi - Hacienda calla”, Tarma-Junín, km 3+000 km 4+000. Tuvo como objetivo conocer la influencia del aceite sulfonado más cemento portland tipo I para la estabilización de suelos de base granular, es por ello que mezcló 0.3 litros de aceite con 0.73 bolsas de cemento por metro cúbico de suelo, por lo cual logró mejorar el CBR inicial de un 95% a 103%. Por lo cual, los autores concluyen que adicionando aceite sulfona más cemento portland tipo I se logra mejoras significativas en las propiedades físico-mecánicas del suelo granular.

### **2.1.3. Antecedentes a nivel local**

Con respecto a la estabilización de suelos afirmados con aceite residual, no se tiene ningún antecedente a nivel de la localidad; sin embargo, existen investigaciones referidos a la estabilización de suelos como, por ejemplo:

Quiquia (2019) en su investigación titulado Incorporación de arcilla en suelos de baja plasticidad para utilizar en subbase para pavimento rígido, tiene como objetivo evaluar el comportamiento de los suelos mediante la incorporación de arcilla para utilizar como material de base, por lo que concluye en su investigación que la incorporación de arcilla como estabilizante, ayuda en la mejora de la estabilización de los suelos de baja plasticidad.

Otras de las investigaciones es la de Robles (2020) realizo su estudio denominado Uso de relave para mejoramiento de suelos por el método Compaction Grouting, Pasco – 2019, para optar el grado de Ingeniería civil; por lo que realizo el mezclado de relave con la finalidad de mejorar los suelos, para ello realizo el tratamiento de los relaves mediante la solidificación con cemento por lo que obtuvo como resultado una densificación del 65% de la densidad máxima seca haciendo que el suelo mejore.

También, Palma (2015) incorporo geomallas a los suelos a nivel de sub rasante, teniendo como objetivo, conocer la influencia de aplicar geomallas en el mejoramiento de los suelos de la sub rasante de la avenida los insurgentes, el autor concluye que gracias a la geomalla se produce un incremento en la resistencia del suelo, produciendo un mejoramiento significativo.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Aceite residual**

#### **2.2.1.1. Definición**

Los residuales tienen origen en los aceites lubricantes elaborados a partir de la destilación bajo vacío de la fracción de fueloil del petróleo crudo, donde además contienen componentes aromáticos inestables y otros

componentes removidos por extracción del solvente, se llama aceite residual cuando estos aceites pierden sus propiedades físicas y químicas originales debido a los cambios que sufren por efecto de su uso, en estos aceites residuales se observa la presencia del agua, de la dilución del aceite por combustible, del hollín y metales producidos por el desgaste del motor. (Del Castillo y Orobio, 2020, p2).

#### **2.2.1.2. Composición de los aceites residuales**

Para conocer la composición de los aceites residuales, Barrios et al. (2015) afirma que a diferencia del aceite nuevo de motor, el aceite usado contiene altas concentraciones de Na, Cu, Al, Cr, Mn, K, Ni, Sn, Si, B y Mo, factor que los hace potencialmente peligrosos para la vida de los organismos.

También, Huasquisto (2015) nos menciona que

Los aceites usados son una mezcla muy compleja de los productos más diversos. Un lubricante está compuesto por una mezcla de una base mineral o sintética con aditivos (1 -20%). La composición del aceite residual o usado, presenta las siguientes características o componentes: Hollín, Azufre, El número ácido total (TAN), Ambos números, TAN y TBN, Oxidación, Agua, Combustible. (p. 32).

#### **2.2.2. Suelos Afirmados**

Según Quispe (2015) define al afirmado como capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables. (p. 159).

El MTC (2014) nos hace mención en el Manual de carreteras en su sección suelos y pavimentos

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, el afirmado será pobre. El afirmado requiere de un porcentaje de piedra para soportar las cargas. Asimismo, necesita un porcentaje de arena clasificada, según tamaño, para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa y, necesariamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado. (p. 142).

En el caso de que se tuvieran materiales con índice de plasticidad fuera del rango 4-12%, se estudiará el empleo de un estabilizador de suelos con un producto asfáltico, con cal, cemento, cloruros de sodio (Sal), calcio o magnesio u otros estabilizadores químicos de suelos con la finalidad de mantener y/o prolongar la vida útil de la carretera. (p. 145).

También, Es necesario resaltar, las indicaciones que nos entrega el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por lo que se muestra en el siguiente cuadro de gradación de los afirmados

**Tabla 1***Gradación del material de afirmado*

<b>PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ</b>	<b>GRADACIÓN C</b>	<b>GRADACIÓN D</b>	<b>GRADACIÓN E</b>	<b>GRADACIÓN F</b>
50 mm ( 2" )				
37.5 mm ( 1½" )				
25 mm ( 1" )	100	100	100	100
19 mm ( ¾" )				
12.5 mm ( ½" )				
9.5 mm ( 3/8" )	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm ( Nº 4 )	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm ( Nº 8 )				
2.0 mm ( Nº 10 )	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um ( Nº 40 )	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um ( Nº 200 )	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>4 - 9</b>	<b>4 - 9</b>	<b>4 - 9</b>	<b>4 - 9</b>
<b>Limite Líquido</b>	<b>Máx. 35%</b>	<b>Máx. 35%</b>	<b>Máx. 35%</b>	<b>Máx. 35%</b>
<b>Desgaste Los Ángeles</b>	<b>Máx. 50%</b>	<b>Máx. 50%</b>	<b>Máx. 50%</b>	<b>Máx. 50%</b>
<b>CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]</b>	<b>Min. 40%</b>	<b>Min. 40%</b>	<b>Min. 40%</b>	<b>Min. 40%</b>

*Nota:* Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014.

**Tabla 2***Porcentaje de gradación en afirmados*

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	—				
37,5 mm (1½")	100	—				
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100				
9,5 mm (¾")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4,75 mm (N.º 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (N.º 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N.º 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N.º 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

*Nota: AASHTO INTERNATIONAL, 2004.***2.2.2.1. Características Físico mecánicos de los suelos afirmados****A. Contenido de Humedad en los suelos afirmados.**

Según MTC (2016) en el manual de ensayo de materiales

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. La forma de determinación del peso de agua eliminada es secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110 \pm 5$  °C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua. (p. 50)

El contenido de humedad de la muestra, se calcula mediante la siguiente fórmula:

Donde:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{MCWS - MCS}{MCS - MC} \times 100 = \frac{MW}{MS} \times 100$$

W = es el contenido de humedad, (%)

Micas = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

Mcs = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos

Mc = es el peso del contenedor, en gramos

Mw = es el peso del agua, en gramos

Ms = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

## **B. Análisis Granulométrico del afirmado.**

MTC (2014) mediante el “Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos” nos dice:

Corresponde a la clasificación del suelo en función al porcentaje y tamaño de partículas que lo conforman. Cuya finalidad es determinar el porcentaje de los elementos que conforman el suelo todo esto en función al tamaño. (p.30). por lo que se tiene la siguiente tabla:



**Tabla 3***Clasificación de suelos según tamaño de partículas*

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75mm – 4.75mm
Arena		Arena gruesa: 4.75mm – 2.00mm Arena media: 2.00mm – 0.425mm Arena fina: 0.425mm – 0.075mm
<i>Material Fino</i>	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
Arcilla		Menor a 0.005 mm

*Nota:* Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014).

### C. Límites de consistencia del afirmado

MTC (2014) mediante el “Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos” nos dice:

Propiedad del suelo donde indica su capacidad de humedad antes de disgregarse. Se determina mediante los ensayos de límites de Atterberg: límite líquido (LL), límite plástico (LP) y límite de contracción (LC). El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre LL y LP. Mediante el índice de plasticidad, se clasifica el suelo, donde un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso y un IP pequeño viene a ser característico de un suelo poco arcilloso. (p.31).

**Tabla 4***Clasificación de suelos según Índice de plasticidad*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	suelos muy arcillosos
$20 \geq IP > 7$	Media	suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No plástico (NR)	suelos exentos de arcilla

*Nota:* Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014).

#### **D. Índice de grupo del afirmado**

“Es un índice adoptado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg, El índice de grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice igual o mayor a 20, un suelo no utilizable para carreteras.” ( MTC, 2014, p. 38).

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01(bd)$$

Donde:

a= F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz 200 - 74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

b = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz 200 - 74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

c = LL – 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

d = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

*Clasificación de suelos según Índice de grupo*

**Tabla 5***Clasificación de suelos según Índice de grupo*

<b>Índice de grupo</b>	<b>Suelo de subrasante</b>
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy bueno

*Nota:* Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014).

### **E. Clasificación de suelos afirmados**

Según el MTC ( 2014) “La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema AASHTO y ASTM. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.” (p 111).

**Tabla 6**

Clasificación de suelos AASHTO - SUCS

<b>Clasificación de suelos AASHTO</b>	<b>Clasificación de suelos ASTM</b>
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

*Nota:* Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014)

**Tabla 7**

*Clasificación de suelos según AASHTO M 145 y ASTM D 3282*

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm	máx. 50											
0.5 mm	máx. 30	máx. 50	min. 50									
0.08 mm	máx. 15	máx. 25	máx. 10	máx. 35	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 35	min. 35	min. 35	min. 35	min. 35
Límites Atterberg												
límite de líquido de índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 40	min. 40	máx. 40	min. 40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	min. 40	min. 40
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

*Nota:* Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014)

## F. Compacidad de suelos afirmados

Según Braja M (2015):

La compacidad es la compactación del suelo por la eliminación de aire, lo que requiere energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso unitario seco. Cuando se añade agua a la tierra durante la compactación, ésta actúa como agente suavizante sobre las partículas del suelo. (p. 91).

Es por ello que dentro de la compacidad de los afirmados se tomara en cuenta la densidad máxima seca del material y el

contenido óptimo de humedad para obtener es densidad máxima.

#### **G. Capacidad de carga del afirmado (CBR)**

Para conocer la capacidad de carga de nuestro material, es necesario conocer la relación de soporte california (CBR).

El CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, referido al 95% de la MDS (densidad máxima seca) y a una penetración de carga de 2.54mm. Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible. (MTC, 2014, p. 35).

#### **H. Estabilización de suelos**

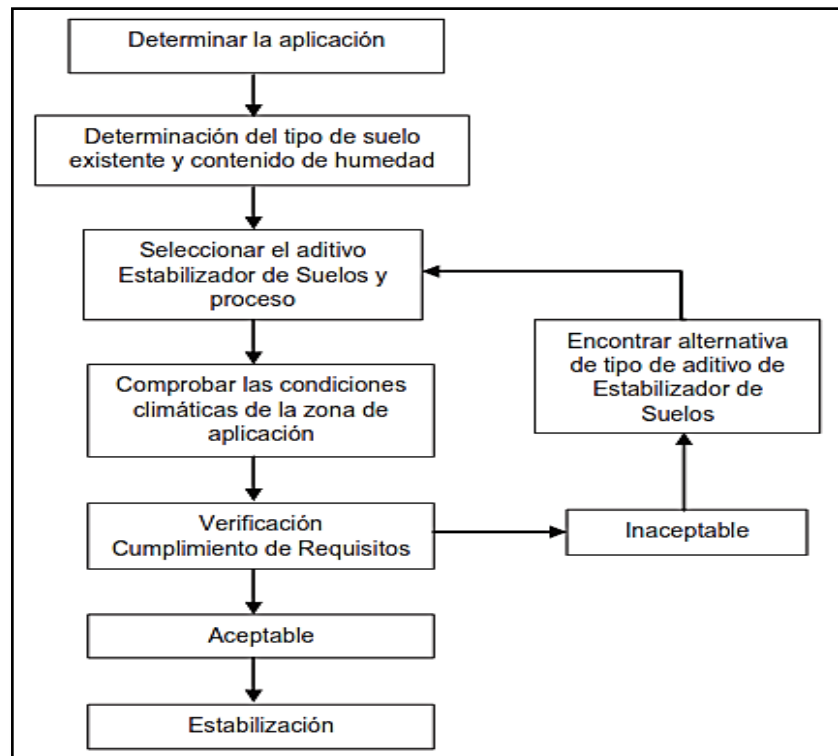
El ministerio de transportes de comunicaciones en su sección de suelos y pavimentos lo define de la siguiente manera:

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación. (MTC, 2014, p 107).

Asimismo, el MTC nos enseña el proceso de estabilización en la siguiente figura:

**Figura 1**

*Esquema de Proceso de estabilización de suelos*



*Nota:* La figura nos enseña el proceso de estabilización de suelos.

Fuente: MTC (2014)

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Aceite Residual Automotriz:** “La denominación aceite residual comprende a los aceites de origen mineral, que durante el uso perdieron sus propiedades características, volviéndose inapropiados para continuar su utilización con el mismo propósito. Es una mezcla muy compleja que contienen restos del desgaste del motor, de color negro.” (Reyes et al, 2015).

- **Aditivo:** “Producto químico o mineral (o mezcla de estos) que modifica una o más propiedades de un material.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial del MTC, 2018).
- **Afirmado:** “Capa compactada de material granular natural o procesado, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Análisis granulométrico o mecánico:** “Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Cantera:** “Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Carretera Afirmada:** “Carretera cuya superficie de rodadura está constituida por una o más capas de afirmado.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **CBR:** “Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones ,2016).
- **Estabilización de suelos:** “Concepto general que considera el mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de

procedimientos mecánicos y/o físico - químicos.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones ,2016).

- **Estabilizador de suelos:** “Producto químico, natural o sintético, que por su acción y/o combinación con el suelo, mejora una o más de sus propiedades de comportamiento.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones ,2016).
- **Geotextil:** “Tela permeable, flexible y de fibra sintética que se emplea en contacto con suelos y otros materiales para diversos propósitos, en base a su resistencia mecánica a la perforación y tracción, y a su capacidad drenante.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Granulometría:** “Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Límite líquido:** “Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Límite plástico:** “Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Material de cantera:** “Material de características apropiadas para su utilización en las diferentes partidas de construcción de obra, que deben estar económicamente cercanas a las obras y en los volúmenes significativos de necesidad de la misma.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Máxima densidad seca:** “Máximo valor de densidad seca definido por la curva de compactación para un esfuerzo especificado (estándar o



modificado).” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).

- **Mejoramiento:** “Ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y de la estructura del pavimento; así como la construcción y/o adecuación de los puentes, túneles, obras de drenaje, muros, y señalizaciones necesarias.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Muestras De Campo:** “Materiales obtenidos de un yacimiento, de un horizonte de suelo y que se reduce a tamaños, cantidades representativos y más pequeñas según procedimientos establecidos.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Pavimento:** “Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y capa de rodadura.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Subbase:** “Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base. (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).”
- **Subrasante:** “Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).

- **Suelo Arcilloso:** “Conformado por arcillas o con predominancia de éstas. Por lo general, no es adecuado para el tránsito vehicular.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Suelo Arenoso:** “Conformado por arena o con predominancia de ésta. Por lo general, no es adecuado para el tránsito vehicular.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Superficie De Rodadura:** “Plano superficial del pavimento, que soporta directamente las cargas del tráfico.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Usuario:** “Persona natural, pública o privada que utiliza la infraestructura vial pública.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Vehículo:** “Todo medio capaz de desplazarse que sirve para transportar personas o mercancías y que se encuentra comprendido dentro de la clasificación vehicular del Anexo I del Reglamento Nacional de Vehículos.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Vía:** “Camino, arteria o calle, que comprende la plataforma y sus obras complementarias.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).
- **Viscosidad:** “Medida de la resistencia al flujo. Es un método usado para medir la consistencia del asfalto.” (Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial,2018).

## 2.4. Formulación de hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

El aceite residual automotor mejora la estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados.

### 2.4.2. Hipótesis específica

- El aceite residual automotor disminuye los límites de consistencia del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.
- El aceite residual automotor incrementa el grado de compacidad del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.
- El aceite residual automotor incrementa la capacidad de carga del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variable independiente

Aceite residual automotor

### 2.5.2. Variable dependiente

Estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 8**

*Cuadro de operacionalización de variables*

CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDADES	INSTRUMENTO
Variable independiente: Aceite residual automotor	Comprende a los aceites de origen mineral, que durante el uso perdieron sus propiedades características. Es una mezcla muy compleja	Dosificación de aceite residual automotor	Material de cantera + 0% de aceite residual	cm3	Probeta graduada
			Material de cantera + 1% de aceite residual		
			Material de cantera + 2% de aceite residual		
			Material de cantera + 3% de aceite residual		

	que contienen restos del desgaste del motor, de color negro		Material de cantera + 4% de aceite residual				
Variable dependiente: Estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados	Concepto general que considera el mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y/o físico - químicos.	Consistencia	Contenido de humedad natural	%	Ensayo de contenido de humedad		
			Limite liquido	%	Ensayo de límites de consistencia		
			Limite plástico	%			
					Índice de plasticidad	%	
		Compacidad	Clasificación del suelo	G,S,M,C	Ensayo de granulometría		
			Contenido Optimo de humedad	%			
			Densidad Máxima seca	gr/cm3	Ensayo Proctor modificado		
Capacidad de carga		CBR	%	Ensayo CBR			

*Nota:* Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACION**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Según Tamayo (2003) “La investigación de tipo aplicada busca confrontar la teoría con la realidad..., se dirige a su aplicación inmediata” (p, 43).

De acuerdo a la definición nuestra investigación será del tipo Aplicada, ya que vamos a utilizar una teoría establecida para relacionar la influencia del Aceite residual automotor en la estabilización del material de la cantera de Sacra familia para carreteras afirmadas.

#### **3.2. Nivel de Investigación**

El nivel de nuestra investigación es explicativo, esto se debe a que nuestro proyecto busca explicar los cambios que se producen al añadir aceite residual automotor en el suelo afirmado. Para ello Carrasco (2006) nos menciona que el nivel explicativo se realiza una vez conocido los factores que dan origen a la problemática, es así que se manipula la variable independiente a través de ensayos en laboratorio.

### **3.3. Métodos de investigación**

#### **3.3.1. Método general**

En nuestra investigación utilizaremos como método general el método científico, esto debido a que según Valderrama (2002) “el método científico medita de una manera razonada y aplicada una lógica inductiva o deductiva para contestar a los problemas que plantea la investigación.” (p,76).

#### **3.3.2. Método específico**

En nuestra investigación usaremos el método experimental como método específico, esto debido a que el propósito del método experimental es investigar las posibles relaciones causa – efecto, exponiendo a uno o más grupos experimentales a acción de dos o más condiciones de tratamiento, comparando los resultados con un grupo de control que no recibe tratamiento. La elección de los elementos del experimento debe obedecer a un criterio estadístico riguroso. (Ávila, 2001, p.48).

### **3.4. Diseño de investigación**

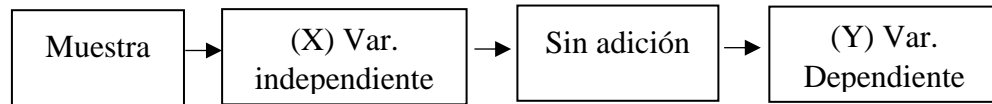
En el enfoque cuantitativo con el que se desarrolla nuestro estudio, considerando además los problemas formulados, el alcance de la investigación y las hipótesis planteadas el diseño de nuestra investigación será experimental, al respecto Hernández y Mendoza (2018) señala que;

Es un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador (p. 129).

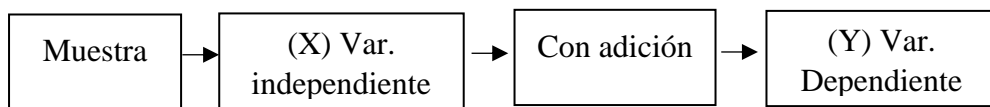
La variable independiente que vamos a variar es la cantidad de aceite residual automotor que se adicionará al material del afirmado de una carretera, para

medir que efectos tiene la estabilización de este afirmado hay que anotar que se tendrá un grupo de control por lo que el esquema de la investigación será el siguiente:

Grupo de control



Grupo experimental



### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

La población de nuestra investigación lo conforma la cantera de Sacra familia de la cual se realizará el muestreo para los ensayos programados de Laboratorio.

#### 3.5.2. Muestra

Arbaiza (2013) menciona que: si fuera el caso de que nuestra investigación es de enfoque cuantitativo y de diseño experimental, el tipo elección de la muestra es por medio del muestreo no probabilístico, por lo que el investigador elige a su criterio los elementos de su muestra.

Por ello, la muestra de nuestro proyecto es del tipo no probabilístico la cual la representamos en la siguiente tabla:

**Tabla 9**

ENSAYOS	NÚMERO DE ENSAYOS					TOTAL ENSAYOS	CANTIDAD DE MUESTRA DE CANTERA POR ENSAYO (Kg)	TOTAL MUESTRA POR ENSAYO (KG)
	0% A.R	1% A.R	2% A.R	3% A.R	4% A.R			
CONTENIDO DE HUMEDAD	3	0	0	0	0	3	0.6	1.8
LIMITE LIQUIDO	3	3	3	3	3	15	0.3	4.5
LIMITE PLASTICO	3	3	3	3	3	15	0.3	4.5
GRANULOMETRIA	3	0	0	0	0	3	5	15
PROCTOR MODIFICADO	3	3	3	3	3	15	24	360.00
CBR	3	3	3	3	3	15	18	270.00
<b>TOTAL DE MUESTRA DE CANTERA</b>								<b>655.80</b>

Ensayos y cantidad de muestra

*Nota:* Elaboración propia

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1. Técnicas

Por el diseño de investigación experimental, se prefiere los instrumentos con pruebas estandarizadas y propias de la ingeniería de suelos. Las pruebas consistirán en el estudio con manipulación de la variable independiente para obtener su efecto sobre la variable dependiente.

#### 3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos a utilizar serán de acuerdo a las especificaciones del manual de ensayo de materiales del MTC.

También se usarán los siguientes equipos y herramientas de acuerdo al ensayo a realizar:

- Contenido de Humedad: Horno, balanza, Taras.
- Granulometría: Tamizador, mallas de distintos diámetros, cuchara.
- Límite líquido: Copa de Casagrande, horno, balanza, espátula.
- Limite Plástico: Balanza, Vidrio liso, varilla, taras.



- Compactación Proctor modificado: Martillo Proctor, molde de 6” Proctor, balanza, regla, recipientes.
- CBR: Equipo CBR, martillo Proctor, molde CBR de 6”, balanza, regla, recipientes.

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento de nuestros datos, se realizó con el uso de los programas de cálculo existentes como el Microsoft Excel versión del año 2021, así como para la redacción se utilizó el software Microsoft Word versión del año 2021.

### **3.8. Tratamiento estadístico**

El tratamiento estadístico será realizado con el programa Microsoft Excel versión del año 2021 para poder conocer mediante tablas comparativas y gráficos de barras, el porcentaje de variación de los resultados. Asimismo, para la prueba de hipótesis se realizó con el programa IBM SPSS en su versión 21.

### **3.9. Orientación ética, filosófica y epistémica**

El desarrollo de esta investigación, se referenciará en las guías, manuales y normativas nacionales e internacionales, con el fin de obtener datos fiables que sean de utilidad para su aplicación.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Recolección de la muestra y visita a la cantera**

La recolección de la muestra para realizar los ensayos del proyecto de investigación titulado: “Influencia del aceite residual automotor en la estabilización del material de la cantera de sacra familia a nivel de afirmados - pascó 2023” se dieron de la siguiente manera:

1. Se inició el trabajo de campo, realizando la visita a la cantera de sacra familia, ubicado en el distrito de Simón Bolívar, Provincia y Región de Pasco, para poder realizar el reconocimiento del material a utilizar en la investigación.
2. Se seleccionó la ubicación representativa de la cantera de afirmados para tomar la muestra, siendo la cantidad de 300kg aproximados para realizar todos los ensayos.

## **Figura 2**

*Reconocimiento de la cantera en Sacra familia*



3. Se trasladó el material de muestra rumbo al laboratorio, para dar inicio a los ensayos del laboratorio.
4. Se recolectó aproximadamente 5lt aproximadamente de aceite residual automotor para añadir al suelo afirmado y realizar la investigación que nos ayude a conocer la influencia que genera el aceite residual automotor.

## **Figura 3**

*Selección de la muestra para ejecución del proyecto*



## **Figura 4**

*Recolección de la muestra para realizar los ensayos*



### **4.1.2. Recolección de datos de la consistencia del suelo afirmado**

Para la determinación de la consistencia del suelo, se realizaron los ensayos de contenido de humedad, granulometría y límites de consistencia.

#### **4.1.2.1. Ensayo de contenido de Humedad natural del suelo afirmado.**

1. Se escoge los recipientes para poder pesar y registrar el recipiente limpio y seco.
2. Seleccionamos una porción de suelo afirmado que pesen más de 200g.

## Figura 5

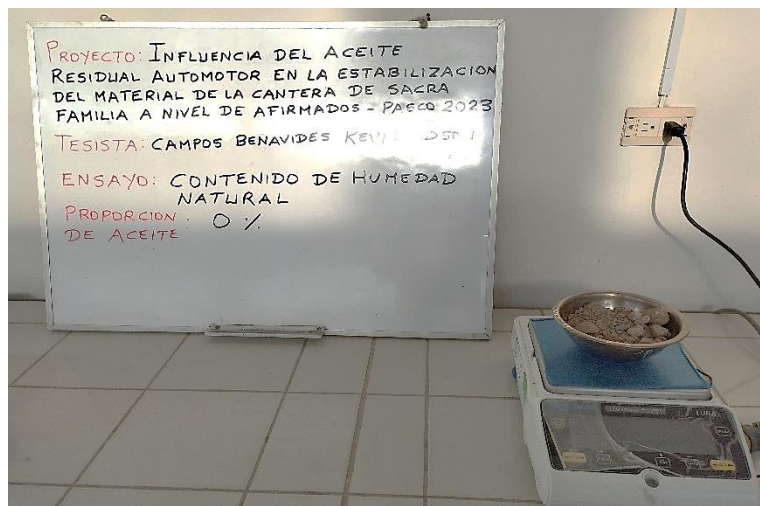
*Selección de espécimen de suelo afirmado*



3. Colocamos el suelo afirmado de prueba húmeda en el recipiente.
4. Usamos una balanza para pesar el recipiente y los suelos húmedos para luego registrar el valor.

## Figura 6

*Pesado de espécimen para determinación del contenido de humedad natural*



5. Colocamos el recipiente con la muestra de suelos húmedos en el horno.
6. Secamos el material. con una temperatura  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . con un tiempo de 24 horas de acuerdo a la normativa ASTM.
7. Una vez que el material se haya secado hasta cierto peso, sacamos el recipiente del horno.
8. Dejamos enfriar la muestra de suelo y el contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor sea cómodo de manejar y el funcionamiento de la balanza no se vea afectado por el calentamiento.
9. Usando la misma balanza, pesamos el suelo afirmado seco y registramos el valor.

### **Figura 7**

#### *Colocación de la muestra al horno*



#### 4.1.2.2. Ensayo de granulometría

1. Empezamos con el cuarteo de la muestra para tener un espécimen representativo aproximadamente 4 kg

**Figura 8**

*Cuarteo de la muestra*



2. Se realizó el lavado de la muestra con la malla N.º 200.
3. Luego se coloca en la estufa la muestra lavada
4. Con la muestra seca se empieza a tamizar la muestra comenzando por el tamiz de 3" hasta el tamiz N.º 200.

**Figura 9**

*Tamizado del espécimen*



5. Se pesa el material retenido en cada uno de los tamices.
6. Registramos el valor retenido en cada uno de los tamices.

**Figura 10**

*Clasificación del suelo por tamaño*



**4.1.2.3. Ensayo de límites de consistencia**

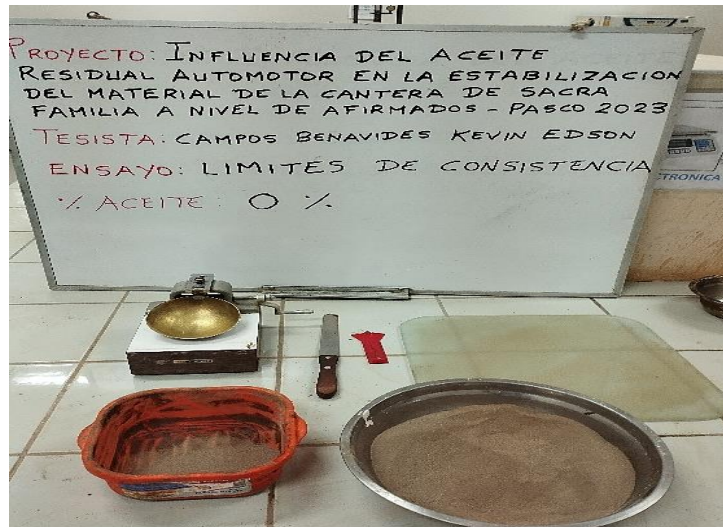
Para la determinación del límite líquido, se realizó el siguiente procedimiento:

1. Se preparo 300 gr aproximadamente de muestra pasada por la malla número 40.
2. Realizamos calibración de la copa de Casagrande. Verificando que la placa de bronce se encuentre limpia, al igual que el ranurador metálico.



**Figura 11**

*Preparación de la muestra e instrumentos del Limite liquido*

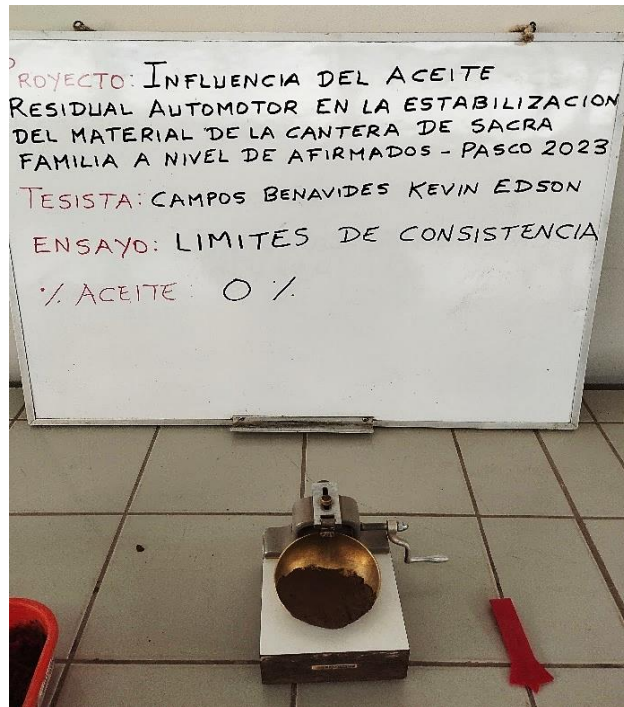


3. Colocamos la muestra de un tamaño no superior a 1,0 cm de espesor con la espátula en la copa de Casagrande.
4. Cortamos con el ranurador metálico por la parte media del suelo poco a poco para no dañar la muestra.
5. Una vez dividida la muestra en 2 partes, se mueve el brazo de la copa para generar los golpes aproximadamente 2 golpes por cada segundo, luego se contabiliza la cantidad de golpes necesarios para que la muestra ranurada se junte.
6. Se toma una muestra de suelo de la sección media y se coloca en el recipiente previamente pesado y se coloca en un horno para determinar su contenido de humedad.
7. Se repite el procedimiento utilizando de 3 a 4 muestras con diferente número de golpes, los cuales deben estar en el rango de 1 a 10, 11 a 20 y 21 a 30.

8. Se representa en escala semilogarítmica los 3 datos tomados, graficando el porcentaje de humedad y el número de golpes por ensayo.

### Figura 12

*Determinación del límite líquido en la copa de Casagrande*



Para la determinación del límite plástico, se realizó el siguiente procedimiento:

Se comenzó con el tamizado de la muestra pasándolo por la malla N°40.

1. Amasamos de 5 a 8 cilindros pequeños de 3 cm de diámetro sobre un vidrio esmerilado o superficie absorbente liso.
2. Si al amasar el cilindro de suelo de espesor de 3 cm se rompe o se agrieta, es señal de que el suelo posee poca humedad y es necesario agregarle agua. Si ocurre todo lo contrario, al formar cilindros más

delgados y aun no se observan las grietas, es señal de que se ha excedido de agua por lo que se debe aumentar suelo seco.

3. Se continuó amansando el cilindro hasta un espesor de 3 cm es donde se observó el agrietamiento por lo que se habrá alcanzado el límite plástico.

**Figura 13**

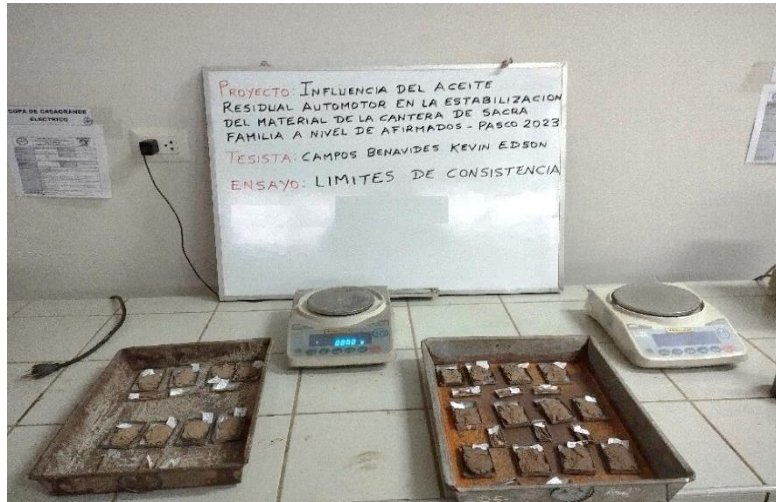
*Amasado del suelo para determinación del límite plástico*



4. Luego, juntamos los 5 a 8 cilindros, cortando las partes externas del cilindro con la espátula y en 2 porciones dividimos la muestra.
5. Cada porción lo colocamos en un recipiente debidamente pesada, se llevó al horno para la determinación de su contenido de humedad.
6. El promedio de los resultados se da como el límite líquido.

**Figura 14**

*Muestras secas para la determinación de los límites de consistencia*



#### 4.1.3. Recolección de datos de la compacidad del suelo afirmado

Para conocer los indicadores de densidad máxima seca y contenido óptimo de humedad de la compacidad del suelo afirmado, se realizó el ensayo de Proctor modificado, por lo que describimos el procedimiento de determinación:

1. Se Tamizó el suelo a través de las mallas 2", ¾", 3/8" y N°4 para determinar el método de prueba a realizar. En donde de acuerdo a la granulometría se optó por el método C.
2. Preparamos 4 muestras de 6kg para la realización de la prueba.

#### Figura 15

*Preparación de espécimen e instrumentos para ensayo Proctor.*



3. Agregamos agua en distintas proporciones y mezclamos uniformemente. Teniendo en cuenta que cada punto de prueba tuvo un incremento de humedad constante.
4. Colocamos la primera capa en el molde y se aplicó 56 golpes en toda el área, girando el pisón adecuadamente. Cada golpe debe ser aplicado en caída libre, soltando el pisón hasta el tope.
5. De igual forma completamos las cinco capas. La última capa se quedó en el collarín de tal forma que se pueda enrasarse con una regla metálica quitando previamente el collarín.
6. Retiramos la base del molde y registramos el peso del suelo + molde.

### **Figura 16**

*Especímenes para el ensayo de Proctor modificado*



### **Figura 17**

*Compactado del espécimen mediante el martillo Proctor*



7. Luego de pesado, extraemos una porción del suelo compactado para la determinación del contenido de humedad.
8. Llevamos las muestras al horno para determinar la humedad.
9. Repetimos el procedimiento para un mínimo de 4 puntos compactados a diferentes contenidos de humedad, para luego conocer el contenido óptimo de humedad con una densidad máxima seca.

## Figura 18

*Muestras del suelo compactado para secado en el horno*



### 4.1.4. Recolección de datos de la Capacidad de carga del suelo afirmado

Para conocer la capacidad de carga del suelo afirmado, se realizó la prueba CBR por lo que lo describimos a continuación:

1. Preparamos la muestra necesaria de acuerdo al ensayo de Proctor modificado previamente realizado, con una cantidad suficiente de suelo para moldear tres muestras.

## Figura 19

*Preparación de espécimen e instrumentos para ensayo CBR*



2. Compactamos la muestra de acuerdo al contenido óptimo de humedad obtenido del ensayo de Proctor modificado.
3. Preparamos los tres moldes CBR y colocamos las placas de base. Hay que colocar un disco espaciador sobre la placa de la base de cada molde.

### **Figura 20**

#### *Proceso de compactación*



4. Compactamos cada molde a diferente energía de compactación el cual se controla con el N° de golpes de 56, 25 y 10 golpes por capa respectivamente.
5. Luego de compactado, enrasamos y retiramos la placa base, girando el molde de modo que la parte superior quede abajo, también retiramos el disco espaciador quedando un espacio para luego colocar la sobrecarga.
6. Fijamos nuevamente la placa de base. Quedando la muestra preparada para la etapa de saturación.
7. Colocamos un papel filtro sobre la parte superior de la muestra. Luego situamos la placa perforada con vástago ajustable y sobre ella se coloca las pesas de sobrecarga.



8. El trípode con el cuadrante medidor de deformaciones se coloca sobre el canto del molde y se ajusta al vástago de la placa perforada. Registramos la lectura y quitamos el trípode.
9. Sumergimos el molde en un recipiente con agua y se deja saturar durante cuatro días. También colocamos el soporte de trípode sobre la muestra todos los días y tomamos nota la lectura de la expansión. Sin embargo, no se halló expansión en el suelo.
10. Después de cuatro días, sacamos el molde y dejamos drenar durante 15 minutos aproximadamente.

### **Figura 21**

*Saturación de los especímenes*



11. Quitamos las pesas, la placa perforada y el papel filtro.
12. Nuevamente colocamos las pesas de sobrecarga y se prepara para la etapa de penetración.
13. Colocamos el molde sobre el soporte de carga de la prensa y se ajusta de manera que el pistón quede centrado con la muestra.

14. Se coloca en cero el indicador de presión del anillo de carga y el dial de deformación. Con una velocidad de penetración del pistón en el suelo de 0.05 de pulgada por minuto. La velocidad lo controlamos por tiempo con un cronómetro.
15. Registramos las lecturas de la presión a 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.200, 0.300, 0.400, y 0.500 pulgadas de penetración.
16. Luego de terminada la prueba, retiramos las sobrecargas, se recupera el suelo ensayado y se toma muestra para determinar la humedad final.

### **Figura 22**

*Ensayo de penetración con equipo CBR*



Luego de haber realizado cada uno de los ensayos para determinar las propiedades mecánicas con y sin aceite residual automotor, se procesaron cada uno de los datos y se determinó los cálculos finales.

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Determinación de la consistencia

#### 4.2.1.1. Contenido de Humedad natural

De acuerdo al ensayo realizado y el procesamiento de los datos se obtuvo la siguiente tabla del contenido de humedad.

**Tabla 10**

*Resultados del contenido de Humedad del afirmado Muestra 01*

<b>N° ensayos</b>	<b>M- 01</b>	<b>M- 02</b>	<b>M- 03</b>	<b>M- 04</b>
Masa húmeda (g)	630.3	824.3	844.0	570.2
Masa seca (g)	620.8	816.0	834.6	561.5
Masa del agua (g)	9.5	8.3	9.4	8.7
Contenido de humedad (%)	1.53 %	1.02 %	1.13 %	1.55 %

Nota: Esta tabla muestra los cálculos para la determinación del contenido de humedad del afirmado natural para la Muestra 01

- Determinación del promedio de contenido de humedad: Según Córdova (2003), se realizó el promedio de los cuatro contenidos de humedad con la siguiente fórmula.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Por lo que se obtuvo como resultado de contenido de humedad del suelo afirmado para la Muestra 01 el valor de:

$$\bar{x} = 1.31 \%$$

Así mismo, realizamos el procedimiento de cálculo para las 2 siguientes muestras de afirmado, el cual mostramos en las siguientes tablas:

**Tabla 11***Resultados del contenido de Humedad del afirmado Muestra 02*

<b>N.º ensayos</b>	<b>M- 01</b>	<b>M- 02</b>	<b>M- 03</b>	<b>M- 04</b>
Masa húmeda (g)	606.8	588.9	710.0	537.2
Masa seca (g)	597.3	580.6	700.6	528.5
Masa del agua (g)	9.5	8.3	9.4	8.7
Contenido de humedad (%)	1.59 %	1.43 %	1.34 %	1.65 %
Promedio de contenido de humedad Muestra 02	1.50 %			

Nota: Esta tabla muestra los cálculos para la determinación del contenido de humedad del afirmado natural para la Muestra 02

**Tabla 12***Resultados del contenido de Humedad del afirmado Muestra 03*

<b>Nº ensayos</b>	<b>M- 01</b>	<b>M- 02</b>	<b>M- 03</b>	<b>M- 04</b>
Masa húmeda (g)	605.9	595.9	716.0	538.5
Masa seca (g)	596.4	587.6	706.6	529.8
Masa del agua (g)	9.5	8.3	9.4	8.7
Contenido de humedad (%)	1.59 %	1.41 %	1.33 %	1.64 %
Promedio de contenido de humedad Muestra 03	1.49%			

Nota: Esta tabla muestra los cálculos para la determinación del contenido de humedad del afirmado natural para la Muestra 03

#### **4.2.1.2. Granulometría y clasificación del suelo**

Como resultado de las muestras tomadas en el ensayo de granulometría, se obtuvo la siguiente tabla

**Tabla 13**

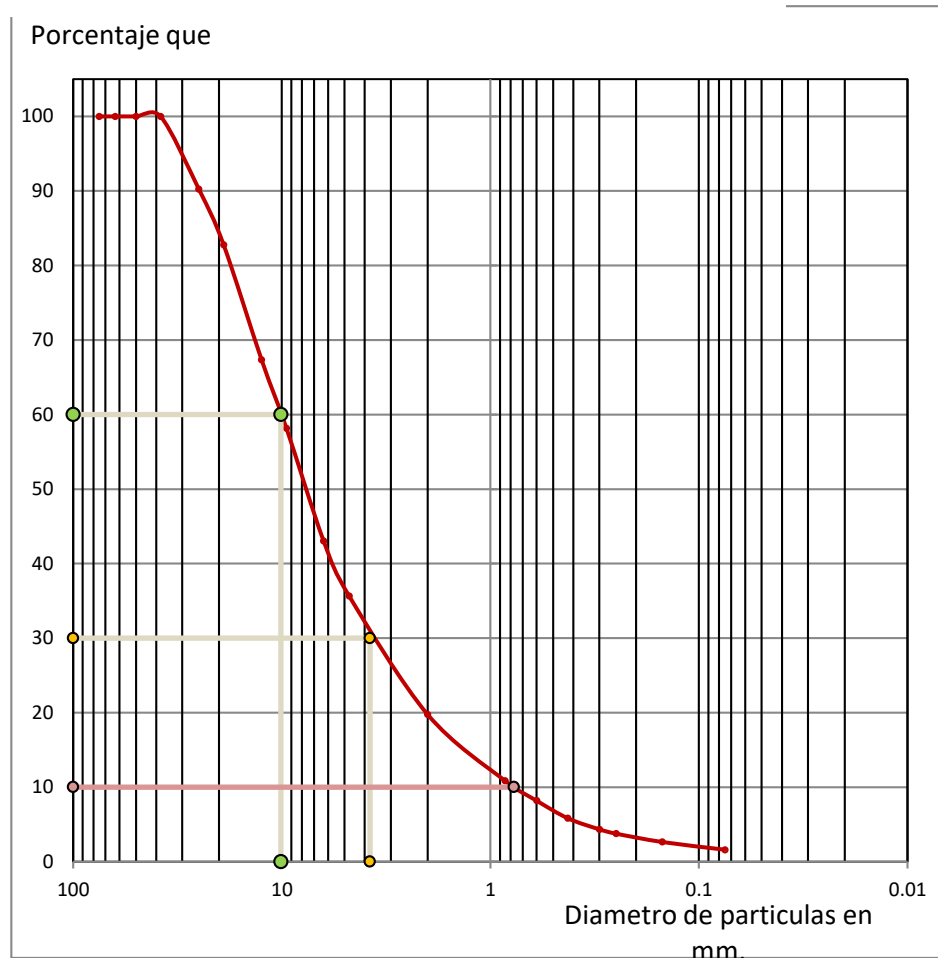
Ensayo de granulometría del afirmado natural

Cribas		Masa retenida (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
Pulg.	mm				
3"	75.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %
2.1/2"	63.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %
2"	50.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %
1.1/2"	38.100	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %
1"	25.000	388.60	9.74 %	9.74 %	90.26 %
3/4"	19.000	298.60	7.49 %	17.23 %	82.77 %
1/2"	12.500	615.00	15.42 %	32.65 %	67.35 %
3/8"	9.500	366.10	9.18 %	41.83 %	58.17 %
1/4"	6.300	603.70	15.14 %	56.96 %	43.04 %
# 04	4.750	295.10	7.40 %	64.36 %	35.64 %
# 10	2.000	633.10	15.87 %	80.23 %	19.77 %
# 20	0.850	355.30	8.91 %	89.14 %	10.86 %
# 30	0.600	106.40	2.67 %	91.81 %	8.19 %
# 40	0.425	94.30	2.36 %	94.17 %	5.83 %
# 50	0.300	59.10	1.48 %	95.66 %	4.34 %
# 60	0.250	22.90	0.57 %	96.23 %	3.77 %
# 100	0.150	44.80	1.12 %	97.35 %	2.65 %
# 200	0.075	41.30	1.04 %	98.39 %	1.61 %
Cazoleta:		64.30	1.61 %	<b>100.00 %</b>	0.00 %
<b>TOTAL:</b>		<b>3988.60</b>	<b>100.00</b>		

Nota: La tabla muestra las retenciones y pasantes de material del suelo en una serie de tamices de 3" a la #200, los cálculos mostrados en la tabla sirvieron para graficar la curva de granulometría.

**Figura 23**

*Distribución Granulométrica Acumulativa afirmado*



*Nota: La figura nos muestra una clasificación del suelo de afirmado según SUCS, como una grava bien graduada (GW) y según AASHTO, fragmentos de roca, grava y arena (A-1-a).*

#### **4.2.1.3. Límites de consistencia**

Los límites son útiles para cuantificar la conducta del suelo para afirmado, se relaciona la dosis de agua contenida en el material y la facultad de absorción, es por ello, de los datos se tienen los siguientes resultados.

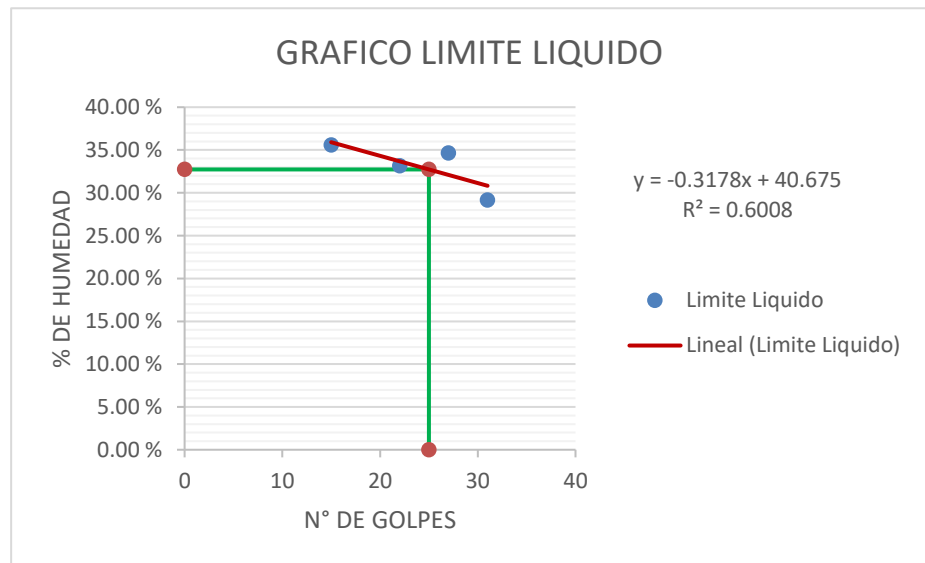
**Tabla 14***Ensayos de límite de consistencia suelo de afirmado natural*

<b>ENSAYO DE PLASTICIDAD</b>	<b>Límite Líquido</b>				<b>Límite Plástico</b>		
	15	22	27	31	M-01	M-02	M-03
Numero de golpes							
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	34.738	34.752	32.616	32.935	2.716	2.802	2.760
Masa muestra seca (g) + tara(g):	27.665	27.939	26.406	27.234	2.452	2.525	2.454
Masa de tara (g):	7.786	7.381	8.472	7.684	1.225	1.177	1.192
Masa contenida de agua (g):	7.073	6.813	6.210	5.701	0.264	0.277	0.306
Masa suelos seco (g):	19.879	20.558	17.934	19.550	1.227	1.348	1.262
% de humedad:	35.58%	33.14%	34.63%	29.16%	21.52%	20.55%	24.25 %

Nota: La tabla nos muestra los cálculos de porcentaje de humedad en los ensayos de límite líquido y límite plástico, indicando LL esta entre el porcentaje de 29.16% al 35.58% y el LP entre 21.52% al 24.25%.

**Figura 24**

*Límite líquido suelo de afirmado natural*



Nota: La figura muestra los puntos obtenidos en los ensayos de laboratorio, para la generación de la ecuación de recta, determinando de esta manera el contenido de humedad óptimo a los 25 golpes.

**Tabla 15**

*Cálculo de Límites líquido, plástico e índice de plasticidad.*

Límite Líquido (LL):	32.73 %
Límite Plástico (LP):	22.10 %
Índice Plasticidad (IP):	10.63 %

Nota: La tabla nos muestra el cálculo porcentual de límite líquido óptimo a los 25 golpes, promedio de límite plástico e índice de plasticidad, dato que señala el tamaño distante entre los límites donde el suelo poseerá su solidez plástica, alcanzando un término medio de 10.63%.



**Tabla 16**

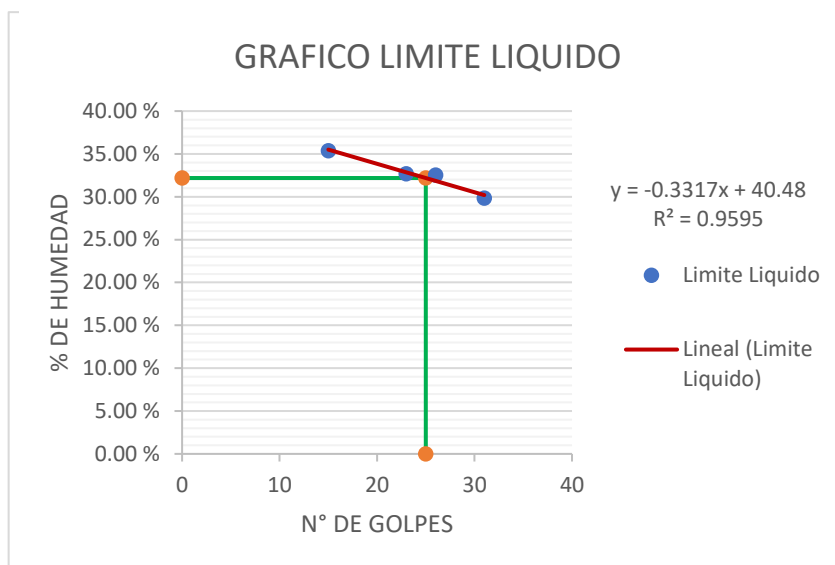
Ensayos de límite de consistencia suelo con adición del 1% de Aceite residual automotor.

<i>ENSAYO DE PLASTICIDAD</i>	<b>Limite Liquido</b>				<b>Limite Plástico</b>		
	15	23	26	31	M-01	M-02	M-03
Numero de golpes	15	23	26	31	M-01	M-02	M-03
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	32.396	25.384	25.599	28.705	3.645	3.644	5.005
Masa muestra seca (g) + tara(g):	26.163	20.912	21.042	23.835	3.210	3.211	4.293
Masa de tara (g):	8.546	7.230	7.030	7.506	1.218	1.241	1.181
Masa contenida de agua (g):	6.233	4.472	4.557	4.870	0.435	0.433	0.712
Masa suelos seco (g):	17.617	13.682	14.012	16.329	1.992	1.970	3.112
% de humedad:	35.38	32.69	32.52	29.82	21.84	21.98	22.88
	%	%	%	%	%	%	%

Nota: La tabla nos muestra los cálculos de porcentaje de humedad en los ensayos de limite líquido y limite plástico, indicando LL esta entre el porcentaje de 29.82% al 35.38% y el LP entre 21.84% al 22.88%.

**Figura 25**

*Limite liquido del suelo con adición del 1% de Aceite residual automotor para afirmado.*



Nota: La figura muestra los puntos obtenidos en los ensayos de laboratorio, para la generación de la ecuación de recta, determinando de esta manera el contenido de humedad óptimo a los 25 golpes.

**Tabla 17**

*Cálculo de Límites líquido, plástico e índice de plasticidad con adición del 1% de Aceite residual automotor*

Límite Líquido (LL):	32.19 %
Límite Plástico (LP):	22.20 %
Índice Plasticidad (IP):	9.99 %

Nota: La tabla nos muestra el cálculo porcentual de límite líquido óptimo a los 25 golpes, promedio de límite plástico e índice de plasticidad con la adición de 1% de Aceite residual automotor alcanzando un término medio de 9.99%.

**Tabla 18**

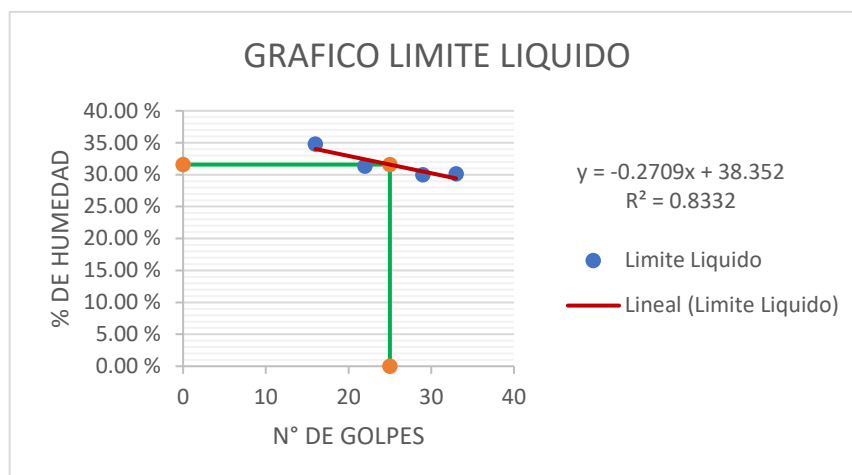
*Ensayos de límite de consistencia suelo con adición del 2% de Aceite residual automotor*

<i>ENSAYO DE PLASTICIDAD</i>	<i>Límite Líquido</i>				<i>Límite Plástico</i>			
	<i>Numero de golpes</i>	<i>16</i>	<i>22</i>	<i>29</i>	<i>33</i>	<i>M-01</i>	<i>M-02</i>	<i>M-03</i>
<i>Masa muestra</i>	<i>32.5</i>	<i>32.6</i>	<i>32.1</i>	<i>30.3</i>	<i>3.29</i>	<i>3.83</i>	<i>3.95</i>	
<i>humedad (g) + tara(g):</i>	<i>23</i>	<i>67</i>	<i>03</i>	<i>30</i>	<i>4</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	
<i>Masa muestra seca (g)</i>	<i>26.0</i>	<i>26.9</i>	<i>26.2</i>	<i>24.9</i>	<i>2.93</i>	<i>3.35</i>	<i>3.44</i>	
<i>+ tara(g):</i>	<i>74</i>	<i>09</i>	<i>92</i>	<i>25</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	
<i>Masa de tara (g):</i>	<i>7.54</i>	<i>8.54</i>	<i>6.92</i>	<i>7.00</i>	<i>1.23</i>	<i>1.22</i>	<i>1.22</i>	
	<i>6</i>	<i>2</i>	<i>7</i>	<i>0</i>	<i>7</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	
<i>Masa contenida de agua (g):</i>	<i>6.44</i>	<i>5.75</i>	<i>5.81</i>	<i>5.40</i>	<i>0.36</i>	<i>0.48</i>	<i>0.51</i>	
	<i>9</i>	<i>8</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	<i>3</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	
<i>Masa suelos seco (g):</i>	<i>18.5</i>	<i>18.3</i>	<i>19.3</i>	<i>17.9</i>	<i>1.69</i>	<i>2.12</i>	<i>2.21</i>	
	<i>28</i>	<i>67</i>	<i>65</i>	<i>25</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	
<i>% de humedad:</i>	<i>34.8</i>	<i>31.3</i>	<i>30.0</i>	<i>30.1</i>	<i>21.4</i>	<i>22.5</i>	<i>22.9</i>	
	<i>1 %</i>	<i>5 %</i>	<i>1 %</i>	<i>5 %</i>	<i>3 %</i>	<i>6 %</i>	<i>8 %</i>	

Nota: La tabla nos muestra los cálculos de porcentaje de humedad en los ensayos de límite líquido y límite plástico, indicando LL esta entre el porcentaje de 30.01% al 34.81% y el LP entre 21.43% al 22.98%.

**Figura 26**

*Límite líquido suelo con adición del 2% de Aceite residual automotor para afirmado*



Nota: La figura muestra los puntos obtenidos en los ensayos de laboratorio, para la generación de la ecuación de recta, determinando de esta manera el contenido de humedad óptimo a los 25 golpes.

**Tabla 19**

*Cálculo de Límites líquido, plástico e índice de plasticidad con adición del 2% de Aceite residual automotor*

Límite Líquido (LL):	31.58 %
Límite Plástico (LP):	22.30 %
Índice Plasticidad (IP):	9.28 %

Nota: La tabla nos muestra el cálculo porcentual de límite líquido óptimo a los 25 golpes, promedio de límite plástico e índice de plasticidad con la adición del 2% de Aceite residual automotor, alcanzando un término medio de 9.28%.

**Tabla 20**

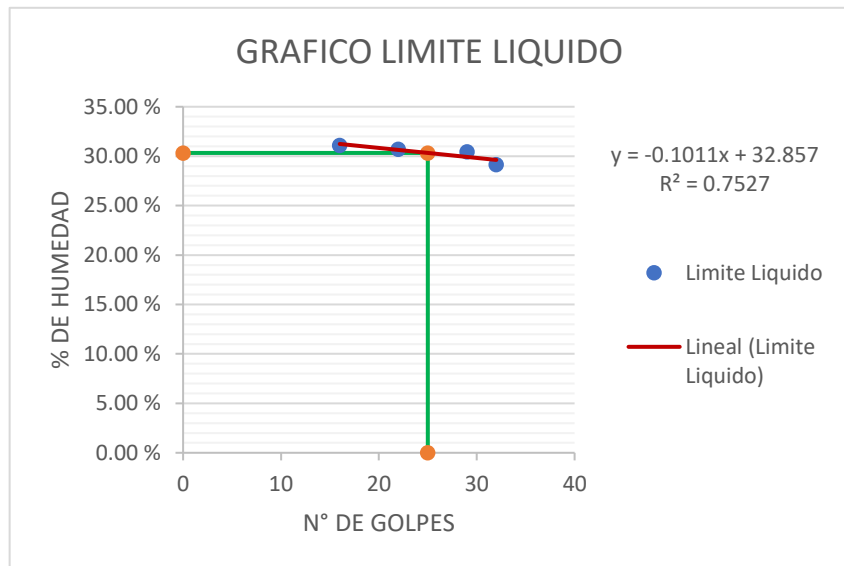
*Ensayos de límite de consistencia suelo con adición del 3% de Aceite residual automotor*

<b>ENSAYO DE PLASTICIDAD</b>	<b>Límite Líquido</b>				<b>Límite Plástico</b>		
	16	22	29	32	M-01	M-02	M-03
Numero de golpes	16	22	29	32	M-01	M-02	M-03
Masa muestra	23.8	22.2	24.6	25.12	4.41	2.20	2.16
humedad (g) + tara(g):	43	97	36	3	4	3	0
Masa muestra seca (g)	19.9	18.7	20.5	21.12	4.11	2.00	1.97
+ tara(g):	52	30	54	4	7	8	8
Masa de tara (g):	7.43	7.11	7.15	7.411	2.85	1.21	1.21
	8	4	1		2	2	5
Masa contenida de	3.89	3.56	4.08	3.999	0.29	0.19	0.18
agua (g):	1	7	2		7	5	2
Masa suelos seco (g):	12.5	11.6	13.4	13.71	1.26	0.79	0.76
	14	16	03	3	5	6	3
% de humedad:	31.0	30.7	30.4	29.16	23.4	24.5	23.8
	9%	1%	6%	%	8%	0%	5%

Nota: La tabla nos muestra los cálculos de porcentaje de humedad en los ensayos de límite líquido y límite plástico, indicando LL esta entre el porcentaje de 29.16% al 31.09% y el LP entre 23.48% al 24.50%.

**Figura 27**

*Límite líquido suelo con adición del 3% de Aceite residual automotor para afirmado.*



Nota: La figura muestra los puntos obtenidos en los ensayos de laboratorio, para la generación de la ecuación de recta, determinando de esta manera el contenido de humedad óptimo a los 25 golpes.

**Tabla 21**

*Cálculo de Límites líquido, plástico e índice de plasticidad con adición del 3% de Aceite residual automotor*

Límite Líquido (LL):	30.33 %
Límite Plástico (LP):	23.90 %
Índice Plasticidad (IP):	6.43%

Nota: La tabla nos muestra el cálculo porcentual de límite líquido óptimo a los 25 golpes, promedio de límite plástico e índice de plasticidad con la adición del 3% de Aceite residual automotor, alcanzando un término medio de 6.43%.

**Tabla 22**

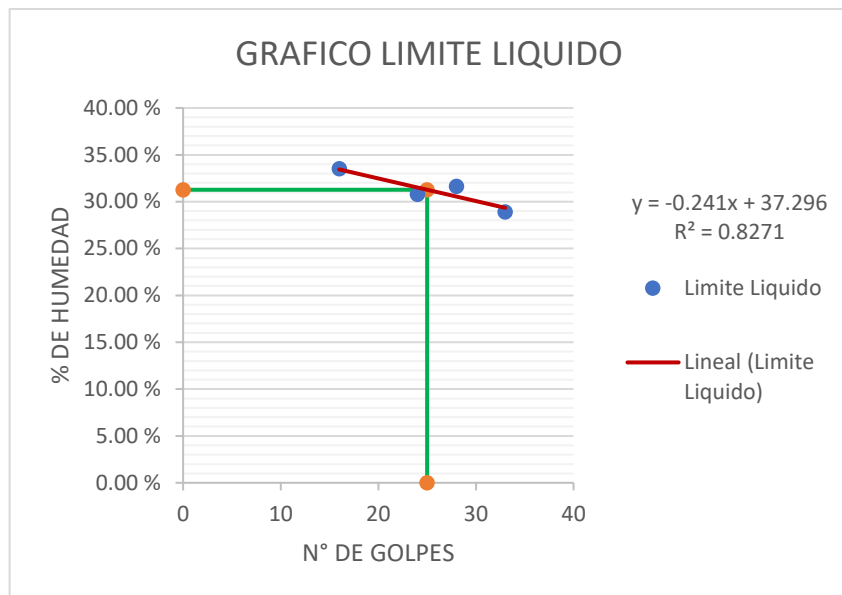
*Ensayos de límite de consistencia suelo con adición del 4% de Aceite residual automotor.*

<b>ENSAYO DE PLASTICIDAD</b>	<b>LIMITE LIQUIDO</b>				<b>LIMITE PLASTICO</b>		
	16	24	28	33	M- 01	M- 02	M-03
NUMERO DE GOLPES							
MASA MUESTRA	34.29	34.5	35.4	36.52	2.11	2.66	2.283
HUMEDAD (G) + TARA(G):	9	81	07	4	0	4	
MASA MUESTRA	27.50	28.1	28.6	29.98	1.94	2.39	2.083
SECA (G) + TARA(G):	8	93	70	5	1	2	
MASA DE TARA (G):	7.238	7.44	7.37	7.372	1.20	1.17	1.195
MASA	6.791	6.38	6.73	6.539	0.16	0.27	0.200
CONTENIDA DE AGUA (G):		8	7		9	2	
MASA SUELOS SECO (G):	20.27	20.7	21.2	22.61	0.74	1.21	0.888
% DE HUMEDAD:	33.50	30.7	31.6	28.92	22.8	22.4	22.52
	%	9%	3%	%	1%	1%	%

Nota: La tabla nos muestra los cálculos de porcentaje de humedad en los ensayos de limite líquido y limite plástico, indicando LL esta entre el porcentaje de 28.92% al 33.50% y el LP entre 22.41% al 22.81%.

**Figura 28**

*Límite líquido suelo con adición del 4% de Aceite residual automotor para afirmado.*



Nota: La figura muestra los puntos obtenidos en los ensayos de laboratorio, para la generación de la ecuación de recta, determinando de esta manera el contenido de humedad óptimo a los 25 golpes.

**Tabla 23**

*Cálculo de Límites líquido, plástico e índice de plasticidad con adición del 4% de Aceite residual automotor*

Límite Líquido (LL):	31.27 %
Límite Plástico (LP):	22.60 %
Índice Plasticidad (IP):	8.67%

Nota: La tabla nos muestra el cálculo porcentual de límite líquido óptimo a los 25 golpes, promedio de límite plástico e índice de plasticidad con la adición del 4% de Aceite residual automotor, alcanzando un término medio de 8.67%.



## Interpretación y análisis de resultados de los límites de consistencia

Mediante las tablas y gráficos se realizó la comparación de los resultados referentes al límite líquido, límite plástico, Índice de plasticidad de los tres tipos de muestras, el cual mostramos a continuación

**Tabla 24**

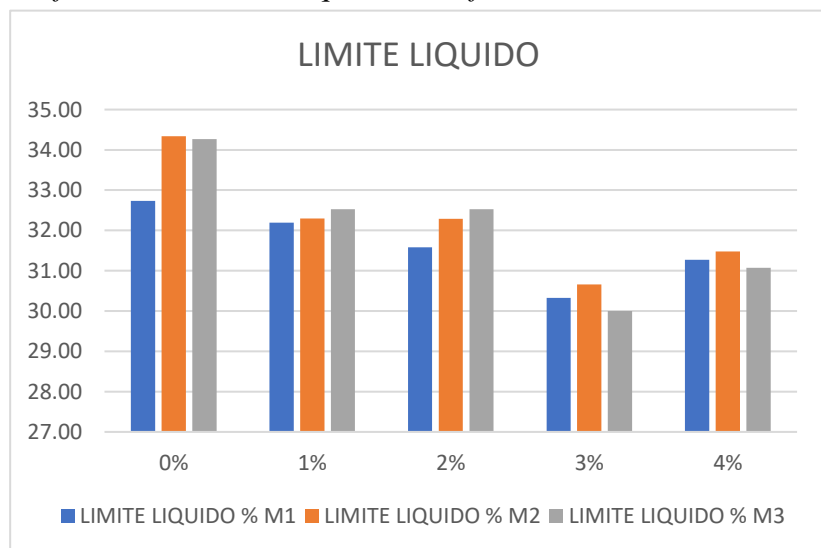
*Límites líquidos del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor*

<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
AFIRMADO NATURAL + 0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	32.73%	34.34	34.27
AFIRMADO NATURAL + 1% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	32.19%	32.30	32.53
AFIRMADO NATURAL + 2% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	31.58%	32.29	32.53
AFIRMADO NATURAL + 3% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	30.33%	30.66	30.00
AFIRMADO NATURAL + 4% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	31.27%	31.48	31.07

Nota: La tabla nos muestra los cálculos obtenidos en laboratorio de los porcentajes de los límites líquidos.

**Figura 29**

*Grafica de los Límites líquidos del afirmado*



Nota: La figura muestra los distintos valores de límites líquidos luego de añadir el 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor.

Tal como se muestra en la tabla 24 y figura 29 se observa un límite líquido del afirmado en estado natural del 34.34%, mientras que al añadir el 3% de aceite residual se tiene un límite líquido disminuido al 30.00%.

Por otro lado, se muestran los cálculos del límite plástico los cuales son los siguientes:

**Tabla 25**

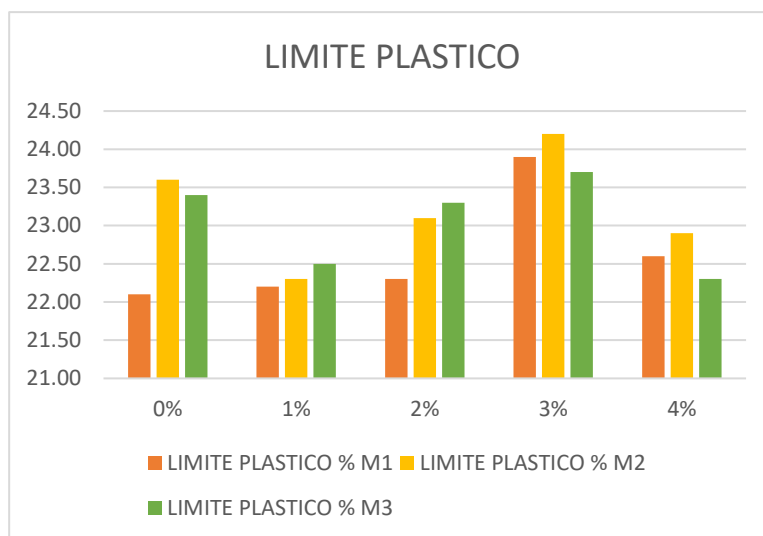
Límites plásticos del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor

<b>LIMITE PLASTICO</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
AFIRMADO NATURAL + 0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	22.10%	23.60	23.40
AFIRMADO NATURAL + 1% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	22.20%	22.30	22.50
AFIRMADO NATURAL + 2% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	22.30%	23.10	23.30
AFIRMADO NATURAL + 3% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	23.90%	24.20	23.70
AFIRMADO NATURAL + 4% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	22.60%	22.90	22.30

Nota: La tabla nos muestra los cálculos obtenidos en laboratorio de los porcentajes de los límites Plásticos.

**Figura 30**

*Grafica de los Limites plásticos del afirmado*



*Nota: La figura muestra los distintos valores de limites plásticos luego de añadir el 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor.*

Tal como se muestra en la tabla 25 y figura 30 se observa un límite plástico del afirmado en estado natural del 23.60%, mientras que al añadir el 3% de aceite residual se observa un mayor aumento en el límite plástico al 24.20%.

También, se muestra los cálculos del índice de plasticidad

**Tabla 26**

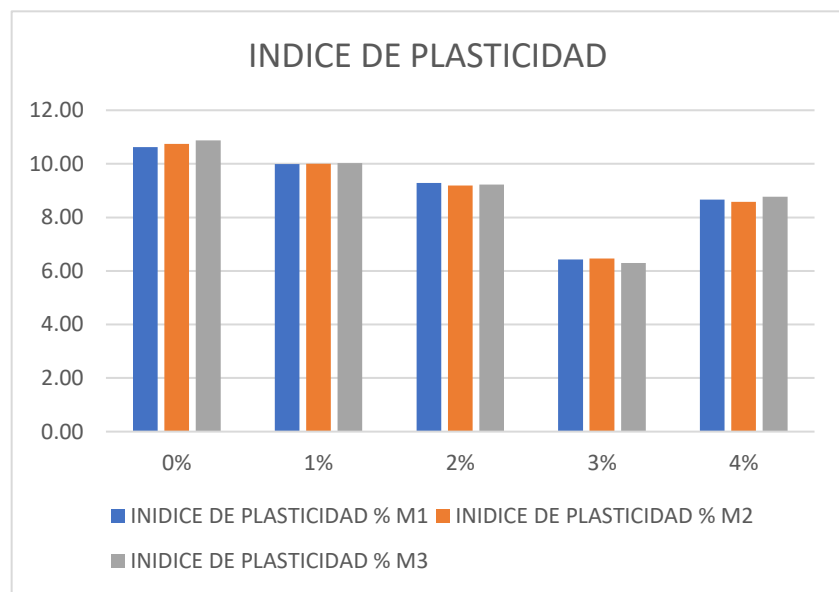
*Índice plasticidad del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor*

<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
AFIRMADO NATURAL + 0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	10.63	10.74	10.87
AFIRMADO NATURAL + 1% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	9.99	10.00	10.03
AFIRMADO NATURAL + 2% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	9.28	9.19	9.23
AFIRMADO NATURAL + 3% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	6.43	6.46	6.30
AFIRMADO NATURAL + 4% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	8.67	8.58	8.77

Nota: La tabla nos muestra los cálculos obtenidos en laboratorio de los porcentajes del índice de plasticidad.

**Figura 31**

*Grafica de los índices de plasticidad del afirmado*



Nota: La figura muestra los distintos valores de los índices de plasticidad luego de añadir el 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor.

Por lo mostrado, La tabla 26 y figura 31 se observa una índice plasticidad del afirmado en estado natural del 10.87%, mientras que al añadir el 3% de aceite residual se observa una disminución del 6.30%.

#### 4.2.2. Determinación de la compacidad

La compacidad del suelo afirmado fue determinada mediante el ensayo de Proctor modificado, por lo que se muestran los resultados a continuación.

**Tabla 27**

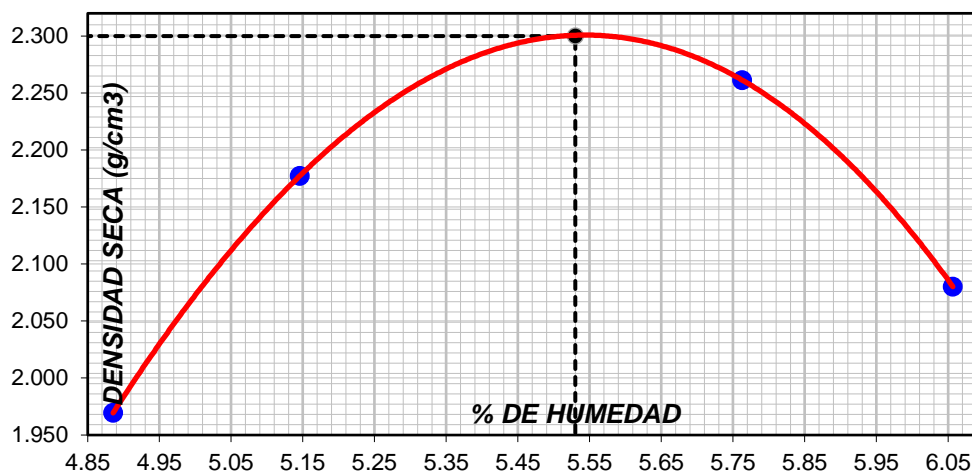
*Ensayo de compactación - Proctor modificado ASTM D1557 suelo natural para afirmado.*

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	10,502	10,973	11,188	10,798
Masa Suelo Húmedo Compactado	g	4,348	4,819	5,034	4,644
Masa Volumétrica Húmeda	g	2.066	2.289	2.392	2.206
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	63.7	78.1	70.3	69.5
Masa Suelo Húmedo + Tara	g	375.0	511.3	382.3	624.6
Masa Suelo Seco + Tara	g	360.5	490.1	365.3	592.9
Masa del agua	g	14.5	21.2	17.0	31.7
Masa del suelo seco	g	297	412	295	523
Contenido de agua	%	4.89	5.15	5.76	6.06
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	1.969	2.177	2.261	2.080
<b>Densidad máxima seca: 2.300 g/cm<sup>3</sup></b>		<b>Contenido óptimo: 5.53%</b>			

Nota: La tabla nos muestra los datos obtenidos en laboratorio para determinar la relación Humedad-densidad seca.

**Figura 32**

*Figura relación Humedad – Densidad seca suelo para afirmado natural.*



Nota: El gráfico nos muestra la densidad máxima seca de 2.30 g/cm<sup>3</sup> y un contenido óptimo de humedad del 5.53%.

**Tabla 28**

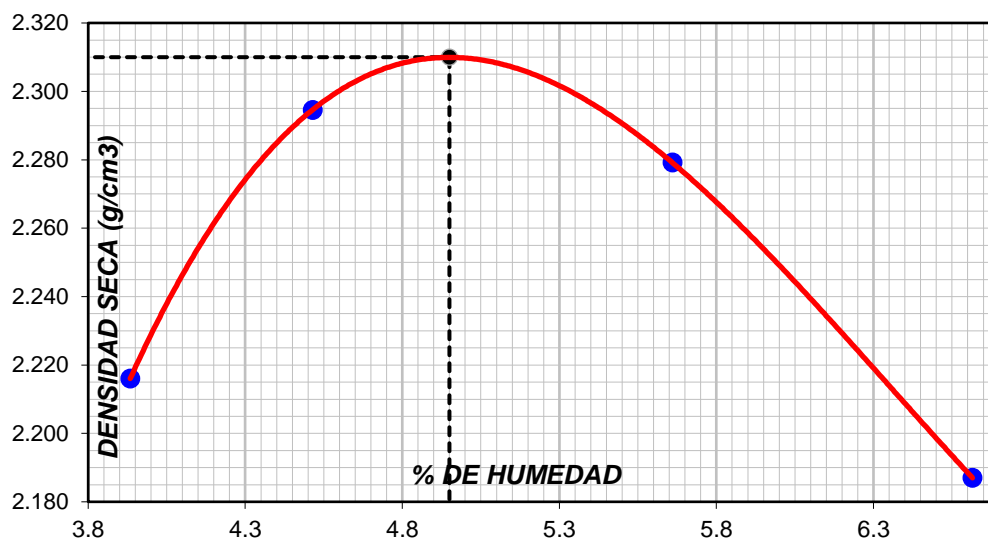
*Ensayo de compactación - Proctor modificado ASTM D1557 suelo natural para afirmado + 1% de Aceite residual automotor.*

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,002	11,202	11,223	11,062
Masa Suelo Húmedo Compactado	g	4,848	5,048	5,069	4,908
Masa Volumétrica Húmeda	g	2.303	2.398	2.408	2.332
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	69.0	69.0	71.4	88.1
Masa Suelo Húmedo + Tara	g	489.1	768.2	680.0	653.8
Masa Suelo Seco + Tara	g	473.2	738.0	647.4	618.7
Masa del agua	g	15.9	30.2	32.6	35.1
Masa del suelo seco	g	404	669	576	531
Contenido de agua	%	3.9	4.5	5.7	6.6
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.216	2.295	2.279	2.187
<b>Densidad máxima seca: 2.310 g/cm<sup>3</sup></b>			<b>Contenido óptimo: 4.95%</b>		

Nota: La tabla nos muestra los datos obtenidos en laboratorio para determinar la relación Humedad-densidad seca con adición del 1% de aceite residual automotor.

**Figura 33**

*Figura relación Humedad – Densidad seca suelo para afirmado +1% de Aceite residual.*



Nota: El gráfico nos muestra la densidad máxima seca de 2.310 g/cm<sup>3</sup> y un contenido óptimo de humedad del 4.95%.

**Tabla 29**

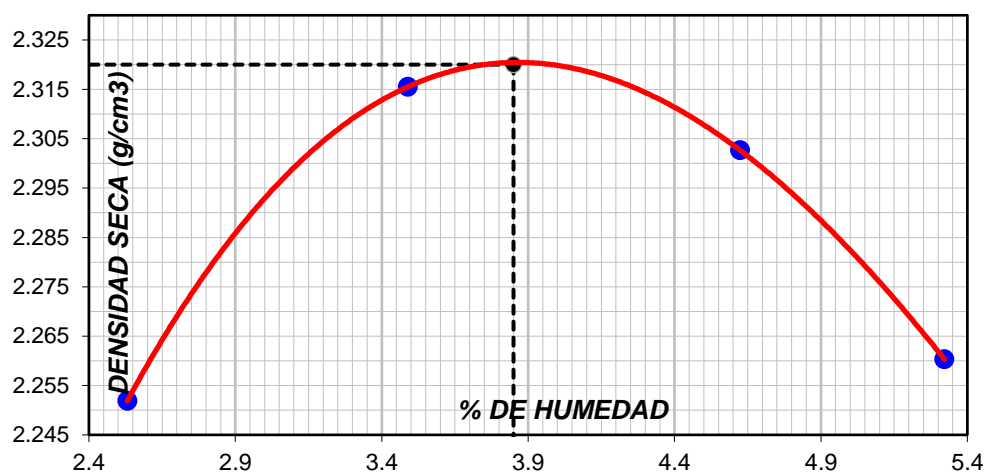
*Ensayo de compactación - Proctor modificado para CBR ASTM D1557 / ASTM D1883 suelo para afirmado + 2% de Aceite residual automotor*

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,014	11,198	11,225	11,165
Masa Suelo Húmedo Compactado	g	4,860	5,044	5,071	5,011
Masa Volumétrica Húmeda	g	2.309	2.396	2.409	2.381
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	71.4	69.0	88.1	69.0
Masa Suelo Húmedo + Tara	g	476.5	745.3	712.6	789.4
Masa Suelo Seco + Tara	g	466.5	722.5	685.0	753.0
Masa del agua	g	10.0	22.8	27.6	36.4
Masa del suelo seco	g	395	654	597	684
Contenido de agua	%	2.5	3.5	4.6	5.3
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.252	2.316	2.303	2.260
<b>Densidad máxima seca: 2.320 g/cm<sup>3</sup></b>		<b>Contenido óptimo: 3.85%</b>			

Nota: La tabla nos muestra los datos obtenidos en laboratorio para determinar la relación Humedad-densidad seca con adición del 2% de aceite residual automotor.

**Figura 34**

Figura relación Humedad – Densidad seca suelo para afirmado + 2% de aceite residual automotor



Nota: El grafico nos muestra la densidad máxima seca de 2.320 g/cm<sup>3</sup> y un contenido óptimo de humedad del 3.85%.

**Tabla 30**

*Ensayo de compactación - Proctor modificado para CBR ASTM D1557 / ASTM D1883 suelo para afirmado + 3% de Aceite residual automotor*

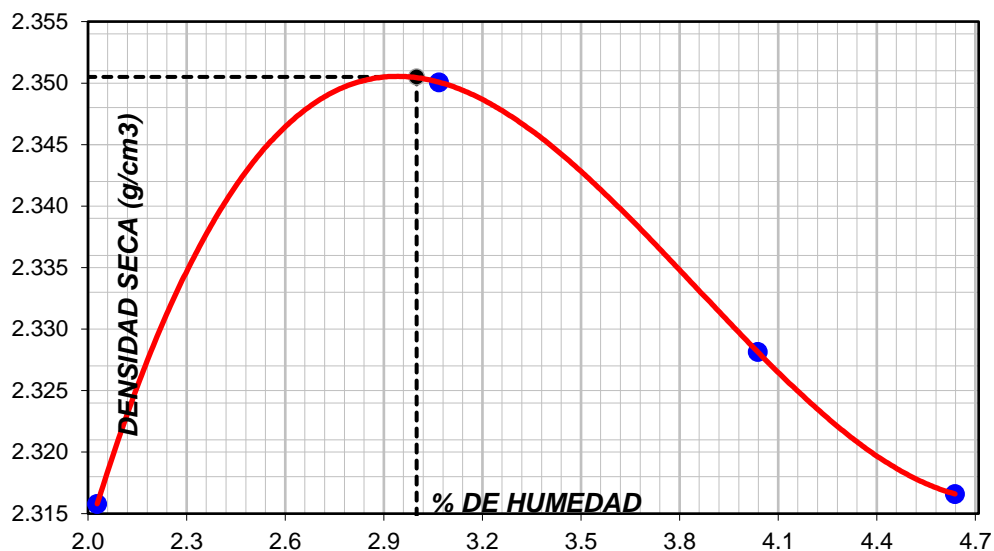
NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,125	11,250	11,250	11,254
Masa Suelo Húmedo Compactado	g	4,971	5,096	5,096	5,100
Masa Volumétrica Húmeda	g	2.362	2.421	2.421	2.423
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	69.0	71.5	88.2	63.8
Masa Suelo Húmedo + Tara	g	440.2	722.0	688.0	531.1
Masa Suelo Seco + Tara	g	433.0	702.9	665.0	510.6
Masa del agua	g	7.2	19.1	23.0	20.5
Masa del suelo seco	g	364	631	577	447
Contenido de agua	%	2.0	3.0	4.0	4.6
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.316	2.350	2.328	2.317
<b>Densidad máxima seca: 2.350 g/cm<sup>3</sup></b>		<b>Contenido optimo: 3.00%</b>			



Nota: La tabla nos muestra los datos obtenidos en laboratorio para determinar la relación Humedad-densidad seca con adición del 3% de aceite residual automotor.

**Figura 35**

*Figura relación Humedad – Densidad seca suelo para afirmado + 3% de aceite residual automotor.*



Nota: El gráfico nos muestra la densidad máxima seca de 2.350 g/cm³ y un contenido óptimo de humedad del 3.00%.

**Tabla 31**

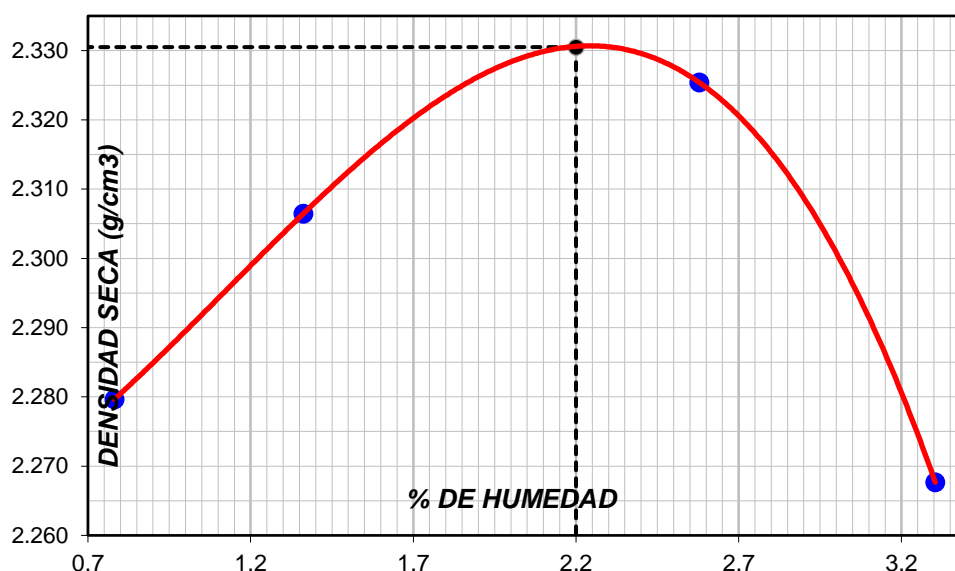
*Ensayo de compactación - Proctor modificado para CBR ASTM D1557 / ASTM D1883 suelo para afirmado + 4% de Aceite residual automotor*

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	10,990	11,075	11,175	11,085
Masa Suelo Húmedo Compactado	g	4,836	4,921	5,021	4,931
Masa Volumétrica Húmeda	g	2.297	2.338	2.385	2.343
Número de Recipiente		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	72.0	71.4	70.1	68.0
Masa Suelo Húmedo + Tara	g	768.4	756.2	722.4	774.6
Masa Suelo Seco + Tara	g	763.0	747.0	706.0	752.0
Masa del agua	g	5.4	9.2	16.4	22.6
Masa del suelo seco	g	691	676	636	684
Contenido de agua	%	0.8	1.4	2.6	3.3
Densidad Seca	g/cm³	2.280	2.306	2.325	2.268
<b>Densidad máxima seca: 2.33 g/cm³</b>		<b>Contenido óptimo: 2.20%</b>			

Nota: La tabla nos muestra los datos obtenidos en laboratorio para determinar la relación Humedad-densidad seca con adición del 4% de aceite residual automotor.

### Figura 36

Figura relación Humedad – Densidad seca suelo para afirmado + 4% de aceite residual automotor



Nota: El gráfico nos muestra la densidad máxima seca de 2.330 g/cm<sup>3</sup> y un contenido óptimo de humedad del 2.20%.

### Interpretación y análisis de resultados de la compactación

Para un mejor entendimiento, se realizaron tablas y gráficos referentes a la densidad máxima seca y al contenido óptimo de humedad, el cual mostramos a continuación.

### Tabla 32

Densidad máxima seca del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor

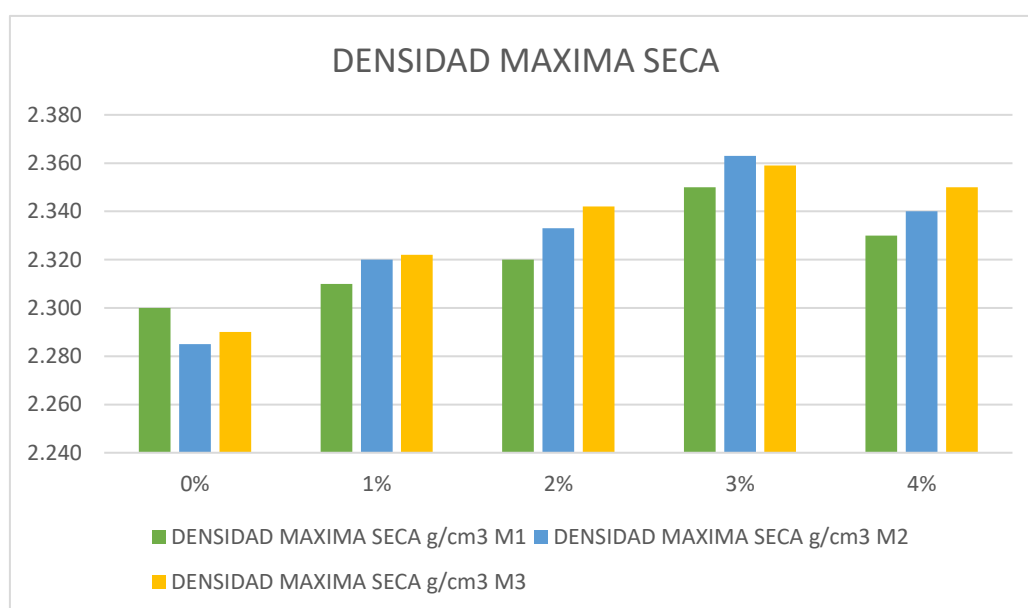
DENSIDAD MAXIMA SECA (g/cm <sup>3</sup> )	M1	M2	M3
AFIRMADO NATURAL + 0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	2.300	2.285	2.29
AFIRMADO NATURAL + 1% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	2.310	2.320	2.322

AFIRMADO NATURAL + 2% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	2.320	2.333	2.342
AFIRMADO NATURAL + 3% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	2.350	2.363	2.359
AFIRMADO NATURAL + 4% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	2.330	2.340	2.35

Nota: La tabla nos muestra los cálculos obtenidos en laboratorio de la densidad máxima seca de los 3 tipos de muestra.

**Figura 37**

*Grafica de las densidades máximas secas*



Nota: La figura muestra los distintos valores de la densidad máxima seca luego de añadir el 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor.

Según la tabla 32 y figura 37 se observa una densidad máxima seca del afirmado en estado natural de 2.285 g/cm<sup>3</sup> mientras que al añadir el 3% de aceite residual aumenta la densidad máxima a 2.363 g/cm<sup>3</sup>.

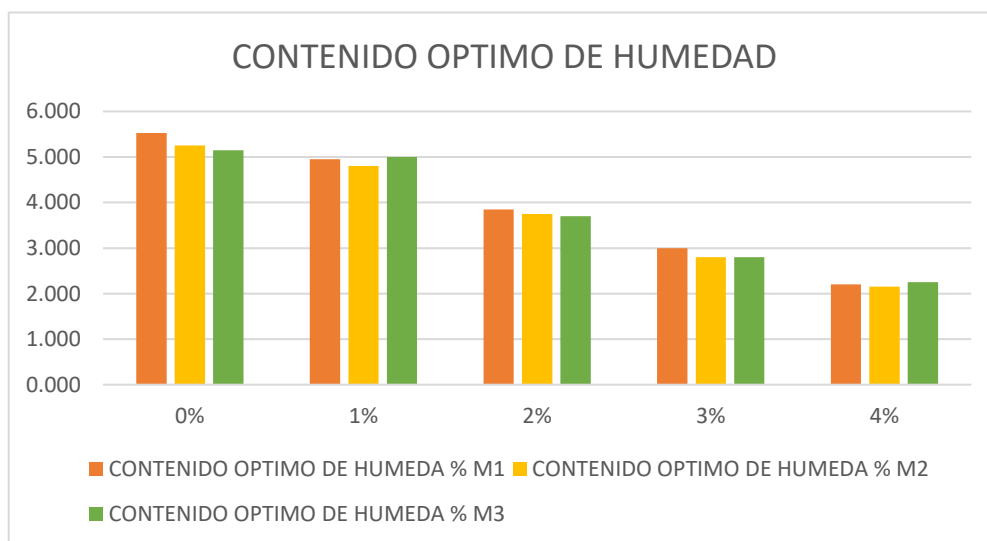
**Tabla 33**

*Contenido óptimo de humedad de compactación del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor*

<b>CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD DE COMPACTACION (g/cm3)</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
AFIRMADO NATURAL + 0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	5.530	5.250	5.150
AFIRMADO NATURAL + 1% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	4.950	4.800	5.000
AFIRMADO NATURAL + 2% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	3.850	3.750	3.700
AFIRMADO NATURAL + 3% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	3.000	2.800	2.800
AFIRMADO NATURAL + 4% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	2.200	2.150	2.250

**Figura 38**

*Grafica de los contenidos óptimos de humedad de compactación*



Nota: La figura muestra los distintos valores de contenido óptimo de humedad de compactación luego de añadir el 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor.

Según la tabla 33 y figura 38 se observa un contenido óptimo de humedad de compactación del 5.25% para el afirmado en estado natural mientras que al añadir el 3% de aceite residual se muestra un 2.8% de contenido de humedad.

### 4.2.3. Determinación de la capacidad de carga del suelo

La capacidad de carga del suelo afirmado fue determinada mediante el ensayo CBR en donde nos muestra la resistencia máxima del suelo afirmado compactado.

**Tabla 34**

*Ensayo CBR - ASTM D1883 del afirmado en estado natural*

Molde Nº	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,766	12,820	12,458	12,548	12,370	12,424
Masa molde (g)	7,528	7,528	7,508	7,508	7,528	7,528
Masa suelo compactado (g)	5,238	5,292	4,950	5,040	4,842	4,896
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.435</b>	<b>2.460</b>	<b>2.301</b>	<b>2.343</b>	<b>2.251</b>	<b>2.276</b>
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.329</b>	<b>2.333</b>	<b>2.193</b>	<b>2.221</b>	<b>2.141</b>	<b>2.142</b>

**Tabla 35**

*Determinación del contenido óptimo de humedad del ensayo CBR del afirmado en estado natural*

Masa de tara (g)	54.4	54.4	78.0	78.0	63.7	63.7
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	317.6	580.3	416.7	402.0	338.9	525.6
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	306.1	553.2	400.8	385.1	325.5	498.3
Masa del agua (g)	11.5	27.1	15.9	16.9	13.4	27.3
Masa de suelo seco (g)	251.7	498.8	322.8	307.1	261.8	434.6
Humedad (%)	<b>4.6</b>	5.4	<b>4.9</b>	5.5	<b>5.1</b>	6.3

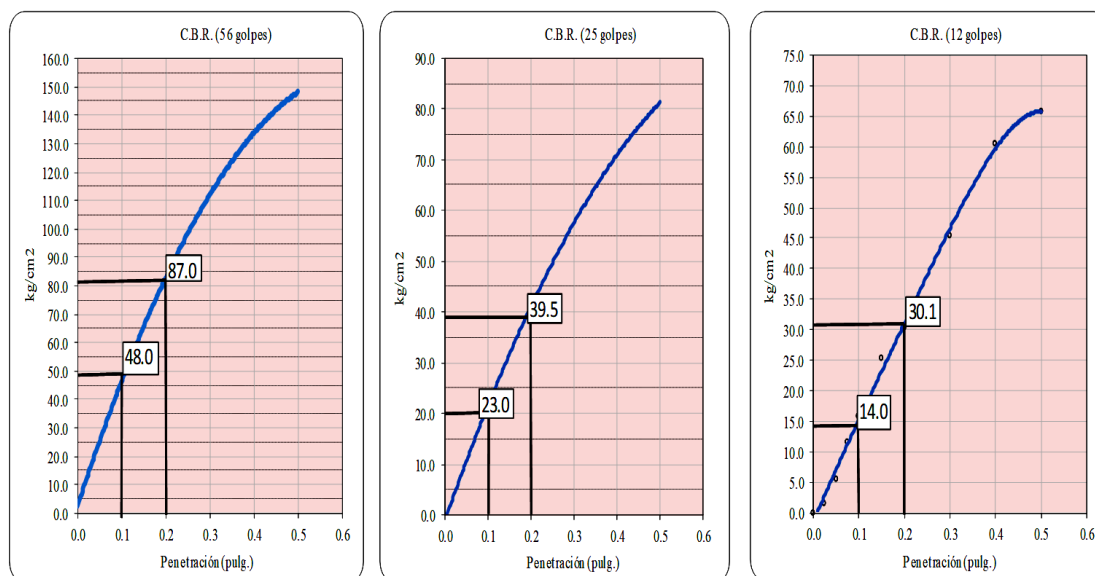
**Tabla 36**

*Ensayo de penetración del afirmado en estado natural*

Penetración		Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N°2				Molde N°4				Molde N°1			
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(mm.)		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025	0.63		306	15.1			61	3.0			31	1.5		
0.050	1.27		510	25.2			173	8.6			112	5.6		
0.075	1.90		714	35.3			306	15.1			235	11.6		
0.100	2.54	70.307	918	45.4	48.0	<b>68.3</b>	469	23.2	20.0	<b>28.4</b>	316	15.7	14.0	<b>19.9</b>
0.125	3.17		1224	60.6			612	30.3			465	23.0		
0.150	3.81		1632	80.8			724	35.8			510	25.2		
0.200	5.08	105.460	1530	75.7	87.0	<b>82.5</b>	897	44.4	39.5	<b>37.5</b>	612	30.3	30.1	<b>28.6</b>
0.300	7.62		2141	106.0			969	48.0			918	45.4		
0.400	10.16		2753	136.3			1530	75.7			1224	60.6		
0.500	12.70		3004	148.7			1632	80.8			1326	65.6		

**Figura 40**

*Grafico de los valores CBR a los 56, 25 y 12 golpes del afirmado en estado natural*



*Nota: C.B.R. (0.1") 56G: 68.272%, C.B.R. (0.1") 25G: 28.447%, C.B.R. (0.1") 12G: 19.913%*

**Tabla 37**

*Ensayo CBR - ASTM D1883 del afirmado en estado natural +1% de aceite residual automotor*

Molde Nº	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,680	12,765	12,560	12,600	12,370	11,968
Masa molde (g)	7,554	7,554	7,518	7,518	7,525	7,514
Masa suelo compactado (g)	5,126	5,211	5,042	5,082	4,845	4,454
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.383</b>	2.422	<b>2.344</b>	2.363	<b>2.252</b>	2.071
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.275</b>	2.303	<b>2.232</b>	2.239	<b>2.152</b>	1.965

**Tabla 38**

*Determinación del contenido óptimo de humedad del ensayo CBR del afirmado en estado natural +1% de aceite residual automotor*

Masa de tara (g)	70.7	70.7	69.5	69.5	69.0	69.0
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	301.7	503.7	314.4	476.4	407.6	382.1
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	291.2	482.3	302.7	455.2	392.5	366.2
Masa del agua (g)	10.5	21.4	11.7	21.2	15.1	15.9
Masa de suelo seco (g)	220.5	411.6	233.2	385.7	323.5	297.2
Humedad (%)	<b>4.8</b>	5.2	<b>5.0</b>	5.5	<b>4.7</b>	5.3

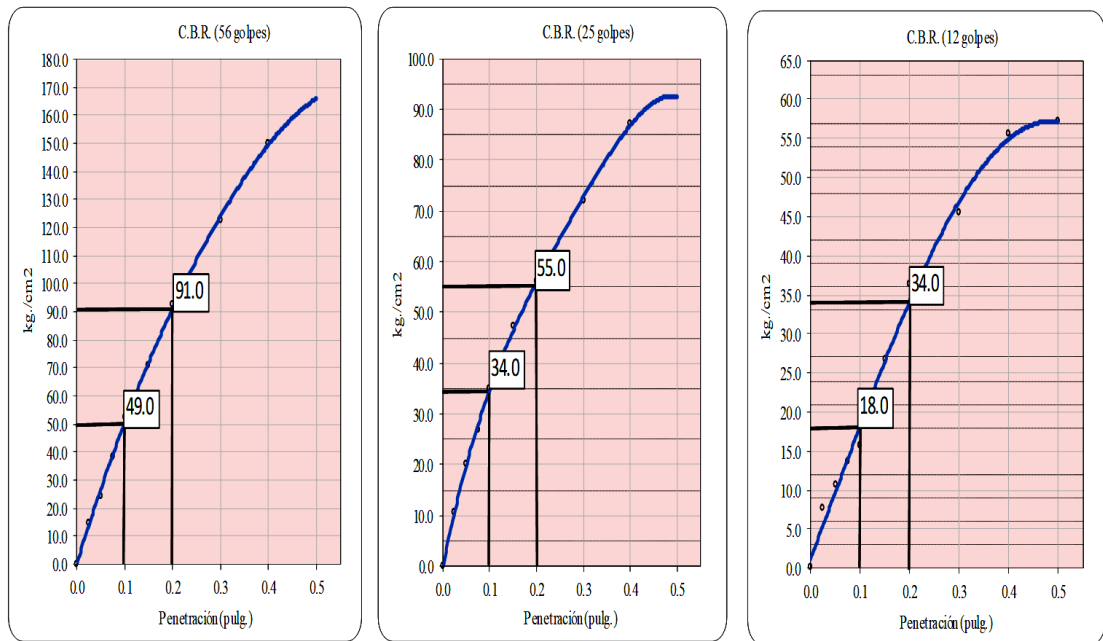
**Tabla 39**

*Ensayo de penetración del afirmado en estado natural +1% de aceite residual automotor*

Penetración		Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N°2				Molde N°4				Molde N°1			
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg)	(mm)		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025	0.63		296	14.6			211	10.5			153	7.6		
0.050	1.27		491	24.3			408	20.2			214	10.6		
0.075	1.90		772	38.2			540	26.8			275	13.6		
0.100	2.54	70.307	1056	52.3	49.0	<b>69.7</b>	704	34.8	34.0	<b>48.4</b>	316	15.7	18.0	<b>25.6</b>
0.125	3.17		1290	63.9			846	41.9			408	20.2		
0.150	3.81		1433	71.0			959	47.5			540	26.8		
0.200	5.08	105.460	1863	92.2	91.0	<b>86.3</b>	1132	56.0	55.0	<b>52.2</b>	734	36.4	34.0	<b>32.2</b>
0.300	7.62		2481	122.8			1458	72.2			918	45.4		
0.400	10.16		3034	150.2			1764	87.3			1122	55.5		
0.500	12.70		3350	165.9			1866	92.4			1152	57.1		

**Figura 40**

*Gráfico de los valores CBR a los 56, 25 y 12 golpes del afirmado en estado natural +1% de aceite residual automotor.*



*Nota: C.B.R. (0.1") 56G: 69.694%, C.B.R. (0.1") 25G: 48.359%, C.B.R. (0.1") 12G: 25.602%*



**Tabla 40**

*Ensayo CBR - ASTM D1883 del afirmado en estado natural +2% de aceite residual automotor*

Molde Nº	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,680	12,778	12,420	12,598	12,280	12,306
Masa molde (g)	7,554	7,554	7,518	7,518	7,490	7,514
Masa suelo compactado (g)	5,126	5,224	4,902	5,080	4,790	4,792
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.383</b>	<b>2.429</b>	<b>2.279</b>	<b>2.362</b>	<b>2.227</b>	<b>2.228</b>
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.278	2.325	2.170	2.244	1.996	2.107

**Tabla 41**

*Determinación del contenido óptimo de humedad del ensayo CBR del afirmado en estado natural +2% de aceite residual automotor*

Masa de tara (g)	70.7	70.7	69.5	69.5	69.0	69.0
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	301.7	503.7	314.4	476.4	407.6	382.1
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	291.5	485.2	302.7	456.2	372.5	365.1
Masa del agua (g)	10.2	18.5	11.7	20.2	35.1	17.0
Masa de suelo seco (g)	220.8	414.5	233.2	386.7	303.5	296.1
Humedad (%)	4.6	<b>4.5</b>	5.0	<b>5.2</b>	11.6	<b>5.7</b>

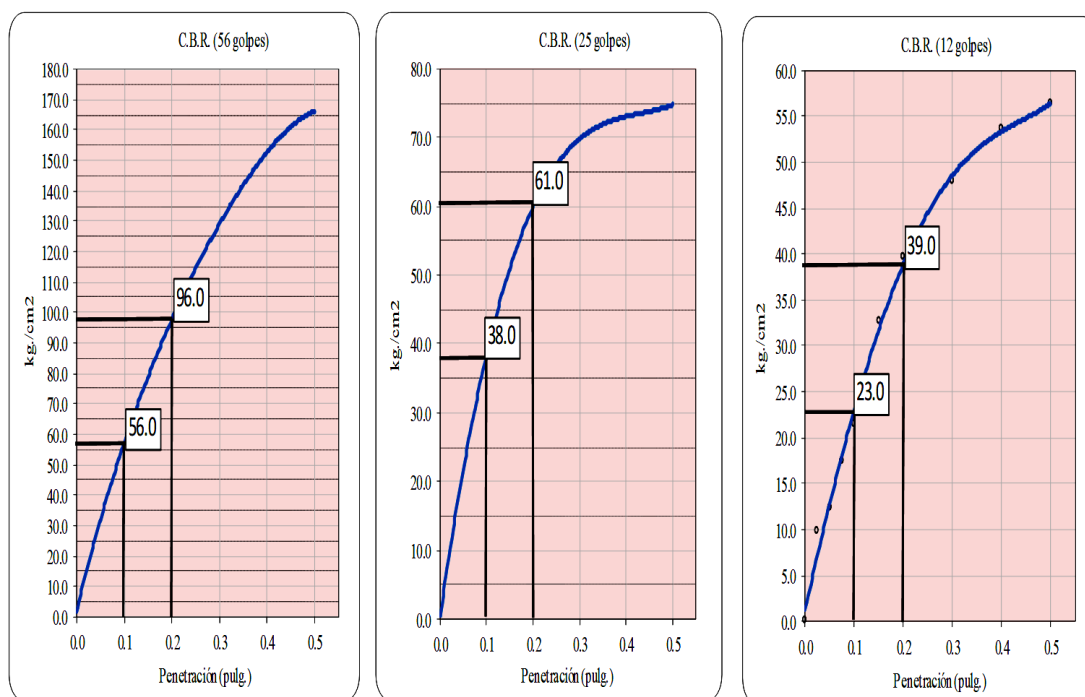
**Tabla 42**

*Ensayo de penetración del afirmado en estado natural +2% de aceite residual automotor*

Penetración		Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N°2				Molde N°4				Molde N°1			
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg)	(mm)		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025	0.63		433	21.5			290	14.4			198	9.8		
0.050	1.27		635	31.4			425	21.0			251	12.4		
0.075	1.90		902	44.7			553	27.4			352	17.4		
0.100	2.54	70.307	1147	56.8	56.0	<b>79.7</b>	760	37.6	38.0	<b>54.0</b>	432	21.4	23.0	<b>32.7</b>
0.125	3.17		1308	64.7			942	46.6			522	25.9		
0.150	3.81		1554	77.0			1066	52.8			661	32.7		
0.200	5.08	105.460	2024	100.2	96.0	<b>91.0</b>	1267	62.7	61.0	<b>57.8</b>	800	39.6	39.0	<b>37.0</b>
0.300	7.62		2595	128.5			1351	66.9			966	47.8		
0.400	10.16		3084	152.7			1497	74.1			1083	53.6		
0.500	12.70		3356	166.2			1507	74.6			1138	56.3		

**Figura 41**

*Gráfico de los valores CBR a los 12, 25 y 56 golpes del afirmado en estado natural +2% de aceite residual automotor*



Nota: C.B.R. (0.1") 56G: 79.651%, C.B.R. (0.1") 25G: 54.049%, C.B.R. (0.1") 12G: 32.714%

**Tabla 43**

*Ensayo CBR - ASTM D1883 del afirmado en estado natural +3% de aceite residual automotor*

Molde Nº	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,500	12,694	12,603	12,995	11,880	12,212
Masa molde (g)	7,454	7,454	7,836	7,836	7,470	7,470
Masa suelo compactado (g)	5,046	5,240	4,767	5,159	4,410	4,742
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.346</b>	<b>2.436</b>	<b>2.216</b>	<b>2.398</b>	<b>2.050</b>	<b>2.204</b>
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.271</b>	<b>2.306</b>	<b>2.150</b>	<b>2.286</b>	<b>1.991</b>	<b>2.083</b>

**Tabla 44**

*Determinación del contenido óptimo de humedad del ensayo CBR del afirmado en estado natural +3% de aceite residual automotor*

Masa de tara (g)	68.9	68.9	71.5	71.5	88.1	88.1
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	411.1	667.1	323.7	584.3	416.7	552.8
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	400.2	635.2	316.2	560.2	407.2	527.2
Masa del agua (g)	10.9	31.9	7.5	24.1	9.5	25.6
Masa de suelo seco (g)	331.3	566.3	244.7	488.7	319.1	439.1
Humedad (%)	3.3	<b>5.6</b>	3.1	<b>4.9</b>	3.0	<b>5.8</b>

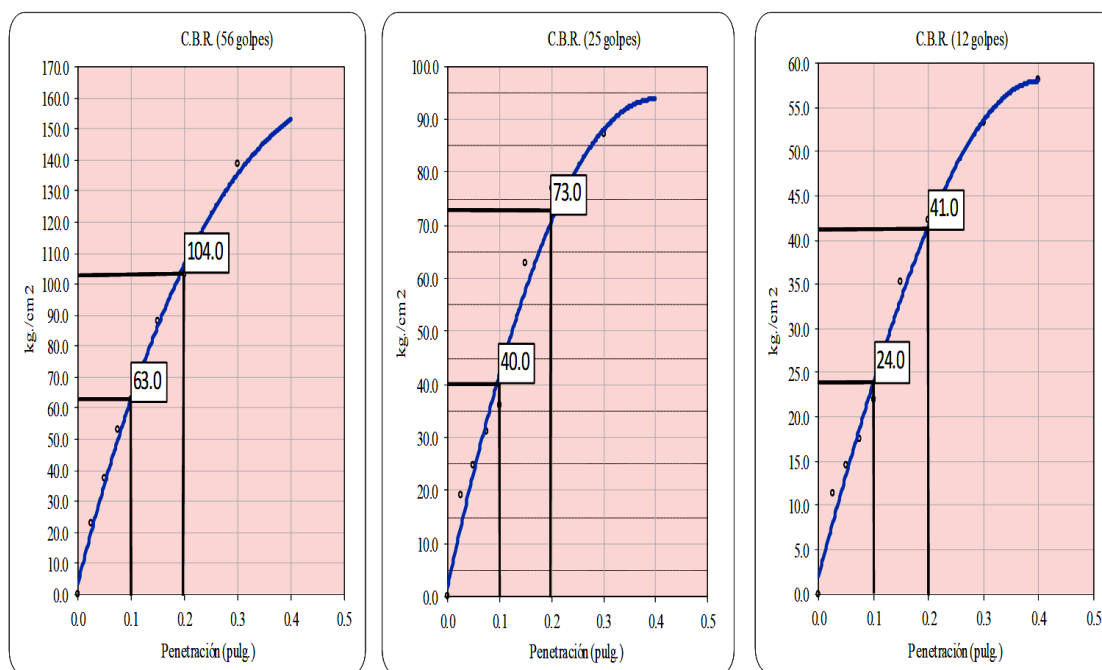
**Tabla 45**

*Ensayo de penetración del afirmado en estado natural +3% de aceite residual automotor*

Penetración		Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N°2				Molde N°4				Molde N°1			
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg)	(mm)		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025	0.63		460	22.8			382	18.9			229	11.3		
0.050	1.27		757	37.5			503	24.9			293	14.5		
0.075	1.90		1069	52.9			625	31.0			354	17.5		
0.100	2.54	70.307	1260	62.4	63.0	89.6	731	36.2	40.0	56.9	444	22.0	24.0	34.1
0.125	3.17		1425	70.6			859	42.5			560	27.7		
0.150	3.81		1780	88.1			1270	62.9			713	35.3		
0.200	5.08	105.460	2081	103.1	104.0	98.6	1554	76.9	73.0	69.2	851	42.1	41.0	38.9
0.300	7.62		2800	138.6			1764	87.3			1075	53.2		
0.400	10.16		3074	152.2			1883	93.2			1172	58.1		
0.500	12.70		3278	162.3			2052	101.6			1272	63.0		

**Figura 42**

*Gráfico de los valores CBR a los 12, 25 y 56 golpes del afirmado en estado natural +3% de aceite residual automotor*



Nota: C.B.R. (0.1") 56G: 89.607%, C.B.R. (0.1") 25G: 56.893%, C.B.R. (0.1") 12G: 34.136%

**Tabla 46**

*Ensayo CBR - ASTM D1883 del afirmado en estado natural +4% de aceite residual automotor*

Molde Nº	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,680	12,668	12,300	12,598	11,900	12,306
Masa molde (g)	7,554	7,554	7,518	7,518	7,514	7,514
Masa suelo compactado (g)	5,126	5,114	4,782	5,080	4,386	4,792
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.383</b>	<b>2.377</b>	<b>2.223</b>	<b>2.362</b>	<b>2.039</b>	<b>2.228</b>
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.278	<b>2.276</b>	2.117	<b>2.244</b>	1.828	<b>2.107</b>

**Tabla 47**

*Determinación del contenido óptimo de humedad del ensayo CBR del afirmado en estado natural +4% de aceite residual automotor*

Masa de tara (g)	70.7	70.7	69.5	69.5	69.0	69.0
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	301.7	503.7	314.4	476.4	407.6	382.1
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	291.5	485.2	302.7	456.2	372.5	365.1
Masa del agua (g)	10.2	18.5	11.7	20.2	35.1	17.0
Masa de suelo seco (g)	220.8	414.5	233.2	386.7	303.5	296.1
Humedad (%)	4.6	<b>4.5</b>	5.0	<b>5.2</b>	11.6	<b>5.7</b>

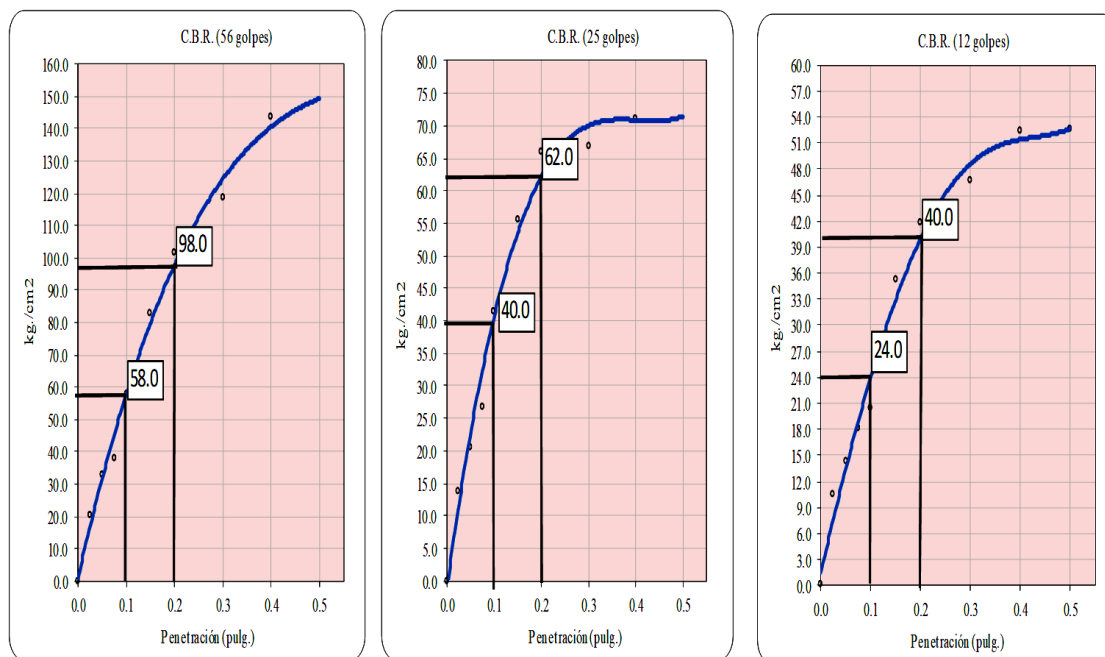
**Tabla 48**

*Ensayo de penetración del afirmado en estado natural +4% de aceite residual automotor*

Penetración		Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N°2				Molde N°4				Molde N°1			
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(mm)		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025	0.63		409	20.3			280	13.8			213	10.5		
0.050	1.27		661	32.7			413	20.5			289	14.3		
0.075	1.90		761	37.7			542	26.8			363	18.0		
0.100	2.54	70.307	1168	57.8	58.0	82.5	840	41.6	40.0	56.9	410	20.3	24.0	34.1
0.125	3.17		1372	67.9			953	47.2			553	27.4		
0.150	3.81		1678	83.1			1122	55.5			708	35.1		
0.200	5.08	105.460	2054	101.7	98.0	92.9	1336	66.1	62.0	58.8	841	41.7	40.0	37.9
0.300	7.62		2395	118.6			1353	67.0			943	46.7		
0.400	10.16		2902	143.7			1438	71.2			1056	52.3		
0.500	12.70		3003	148.7			1448	71.7			1060	52.5		

**Figura 43**

*Gráfico de los valores CBR a los 12, 25 y 56 golpes del afirmado en estado natural +4% de aceite residual automotor*



Nota: C.B.R. (0.1") 56G: 82.495%, C.B.R. (0.1") 25G: 56.893%, C.B.R. (0.1") 12G: 34.136%

## Interpretación y análisis de resultados de la capacidad de carga del suelo

Mediante las tablas y gráficos se realizó la comparación de los resultados referentes a la capacidad de carga del suelo a diferentes proporciones de aceite residual automotor mediante el ensayo de CBR.

**Tabla 49**

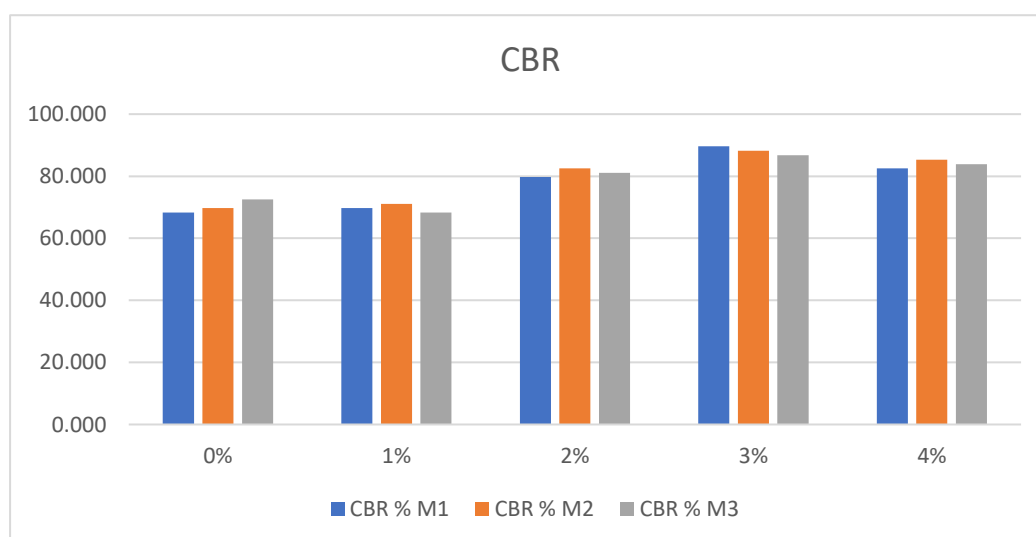
*Valores CBR del afirmado + 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor*

	M1	M2	M3
AFIRMADO NATURAL + 0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	68.300	69.700	72.500
AFIRMADO NATURAL + 1% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	69.700	71.100	68.300
AFIRMADO NATURAL + 2% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	79.700	82.500	81.100
AFIRMADO NATURAL + 3% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	89.600	88.200	86.800
AFIRMADO NATURAL + 4% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR	82.500	85.300	83.900

Nota: La tabla nos muestra los cálculos obtenidos en laboratorio de la densidad máxima seca.

**Figura 44**

*Grafica de los valores CBR*



Nota: La figura muestra los distintos valores CBR luego de añadir el 0%, 1%, 2%, 3%, 4% de aceite residual automotor.

Según la tabla 49 y figura 44 se observa un valor de CBR del afirmado en estado natural de 68.30% mientras que al añadir el 3% de aceite residual aumenta el CBR en un 89.60%.

### 4.3. Prueba de hipótesis

#### Hipótesis general planteada

El aceite residual automotor mejora la estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados.

#### Prueba hipótesis general planteada

La determinación de la consistencia del suelo, compacidad y capacidad de carga de los suelos afirmados con la adición de aceite residual automotor nos muestra una mejora en cada una de las características, en comparación al afirmado en estado natural, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 50**

*Valores del IP, Densidad máxima seca y CBR*

		PORCENTAJE DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR				
		0%	1%	2%	3%	4%
<b>INDICE DE PLASTICIDAD (%)</b>	<b>M1</b>	10.63	9.99	9.28	6.43	8.67
	<b>M2</b>	10.74	10.00	9.19	6.46	8.58
	<b>M3</b>	10.87	10.03	9.23	6.30	8.77
<b>DENSIDAD MAXIMA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>M1</b>	2.30	2.31	2.32	2.35	2.33
	<b>M2</b>	2.285	2.32	2.333	2.363	2.34
	<b>M3</b>	2.29	2.322	2.342	2.359	2.35
<b>CBR (%)</b>	<b>M1</b>	68.30	69.70	79.70	89.60	82.50
	<b>M2</b>	69.70	71.10	82.50	88.20	85.30
	<b>M3</b>	72.50	68.30	81.10	86.80	83.90

Por ello, de acuerdo a la tabla 48 observamos una mejora en la estabilización del material de afirmado mediante la adición de aceite residual automotor, por lo que se puede validar la hipótesis general planteada.



## **Hipótesis específicas**

- **Primera hipótesis específica planteada.**

### **Hipótesis nula (H0):**

El aceite residual automotor no disminuye los límites de consistencia del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.

### **Hipótesis alternativa (Ha):**

El aceite residual automotor disminuye los límites de consistencia del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.

### **Prueba de primera hipótesis específica planteada**

Los ensayos para la determinación del índice de plasticidad realizados en laboratorio, nos muestran como resultados los datos de la Tabla 50, en donde se observa una disminución de la plasticidad del suelo fino luego de añadir aceite residual automotor al afirmado, generando una mayor consistencia para el suelo, teniendo como mejor resultado un índice de plasticidad de 6.30% luego de añadir el 3% de aceite residual. Así mismo, se realizó la prueba de hipótesis en el software SPSS el cual se muestra a continuación

## Determinación de la prueba de normalidad para el Limite liquido

**Tabla 51**

*Estadística Descriptiva del Limite Liquido*

Tratamiento			Estadístico	Error típ.
Repeticiones	0	Media	33,7800	,52539
	%	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	31,5194
			Límite superior	36,0406
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	34,2700	
		Varianza	,828	
		Desv. típ.	,91000	
		Mínimo	32,73	
		Máximo	34,34	
		Rango	1,61	
		Amplitud intercuartil	.	
		Asimetría	-1,721	1,225
		Curtosis	.	.
	1	Media	32,3400	,10017
	%	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	31,9090
			Límite superior	32,7710
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	32,3000	
		Varianza	,030	
	Desv. típ.	,17349		
	Mínimo	32,19		
	Máximo	32,53		
	Rango	,34		
	Amplitud intercuartil	.		
	Asimetría	,982	1,225	
	Curtosis	.	.	
2	Media	32,1333	,28521	
%	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	30,9062	

		Límite superior	33,3605	
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	32,2900	
		Varianza	,244	
		Desv. típ.	,49400	
		Mínimo	31,58	
		Máximo	32,53	
		Rango	,95	
		Amplitud intercuartil	.	
		Asimetría	-1,284	1,225
		Curtosis	.	.
3		Media	30,3300	,19053
%		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	29,5102
			Límite superior	31,1498
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	30,3300	
		Varianza	,109	
		Desv. típ.	,33000	
		Mínimo	30,00	
		Máximo	30,66	
		Rango	,66	
		Amplitud intercuartil	.	
		Asimetría	,000	1,225
		Curtosis	.	.
4		Media	31,2733	,11837
%		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	30,7640
			Límite superior	31,7826
		Media recortada al 5%	.	
		Mediana	31,2700	
		Varianza	,042	
		Desv. típ.	,20502	
		Mínimo	31,07	
		Máximo	31,48	
		Rango	,41	
		Amplitud intercuartil	.	
		Asimetría	,073	1,225
		Curtosis	.	.

Nota: La tabla nos muestra los cálculos estadísticos descriptivos del límite líquido

**Tabla 52**

*Prueba de Normalidad del límite líquido*

Tratamiento		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
		o			o		
Repeticiones	0 %	,372	3	.	,783	3	,073
	1 %	,258	3	.	,960	3	,616
	2 %	,291	3	.	,925	3	,469
	3 %	,175	3	.	1,000	3	1,000
	4 %	,177	3	.	1,000	3	,973

De acuerdo a la tabla 50, el valor de significancia de la prueba de Shapiro Wilk es mayor a 0.05, por lo que los datos presentan una distribución normal, para ello, efectuaremos la prueba de ANOVA para la constatación de nuestra hipótesis.

**Tabla 53**

*Prueba ANOVA del Limite Liquido*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter grupos	19,844	4	4,961	19,794	,000
Intra grupos	2,506	10	,251		
Total	22,350	14			

### **Interpretación**

La significancia para el Limite líquido es inferior a 0.05 por lo que las medias de los tratamientos son diferentes, es así que continuaremos realizando las comparaciones múltiples mediante las pruebas post hoc de Tukey y Bonferroni.

## Pruebas Post Hoc

**Tabla 54**

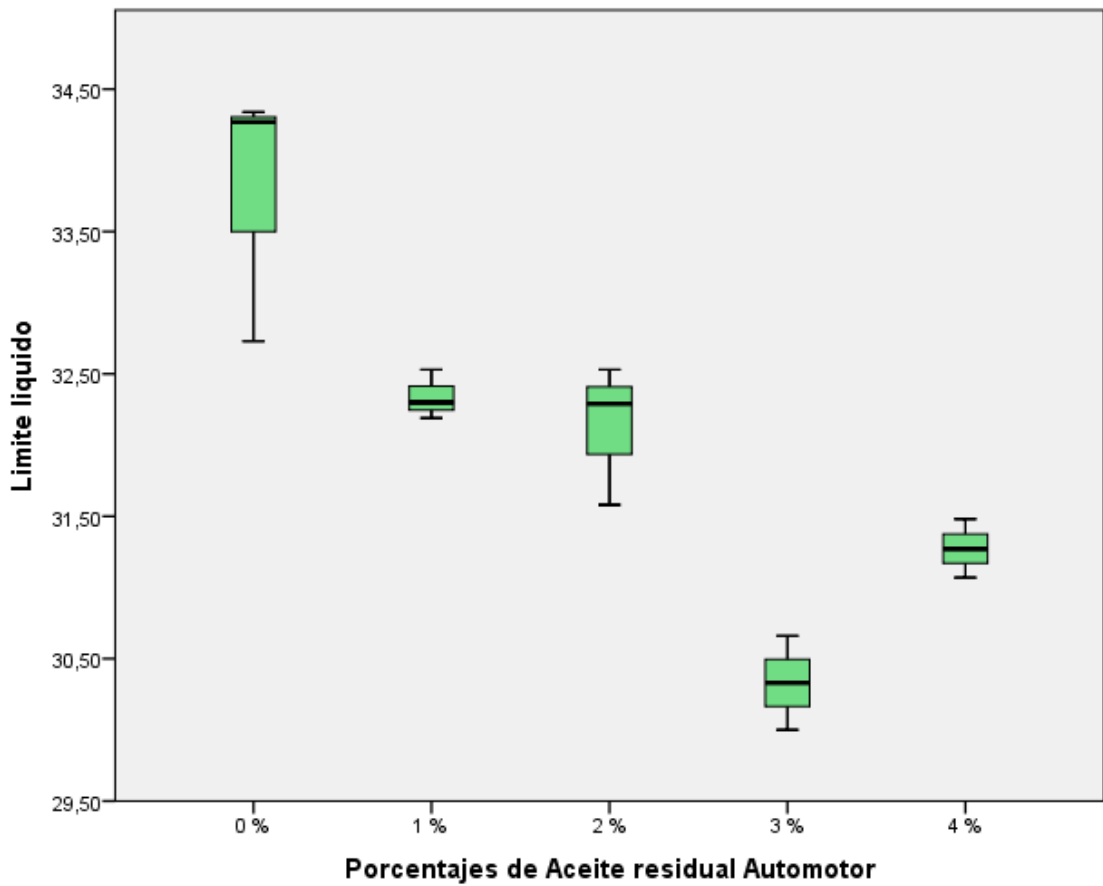
*Comparaciones múltiples Tukey y Bonferroni del Limite liquido*

Variable dependiente: Repeticiones							
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD de Tukey	0 %	1 %	1,44000*	,40877	,035	,0947	2,7853
		2 %	1,64667*	,40877	,016	,3014	2,9919
		3 %	3,45000*	,40877	,000	2,1047	4,7953
		4 %	2,50667*	,40877	,001	1,1614	3,8519
	1 %	0 %	-1,44000*	,40877	,035	-2,7853	-,0947
		2 %	,20667	,40877	,985	-1,1386	1,5519
		3 %	2,01000*	,40877	,004	,6647	3,3553
		4 %	1,06667	,40877	,142	-,2786	2,4119
	2 %	0 %	-1,64667*	,40877	,016	-2,9919	-,3014
		1 %	-,20667	,40877	,985	-1,5519	1,1386
		3 %	1,80333*	,40877	,009	,4581	3,1486
		4 %	,86000	,40877	,290	-,4853	2,2053
	3 %	0 %	-3,45000*	,40877	,000	-4,7953	-2,1047
		1 %	-2,01000*	,40877	,004	-3,3553	-,6647
		2 %	-1,80333*	,40877	,009	-3,1486	-,4581
		4 %	-,94333	,40877	,219	-2,2886	,4019
4 %	0 %	-2,50667*	,40877	,001	-3,8519	-1,1614	
	1 %	-1,06667	,40877	,142	-2,4119	,2786	
	2 %	-,86000	,40877	,290	-2,2053	,4853	
	3 %	,94333	,40877	,219	-,4019	2,2886	
Bonferroni	0 %	1 %	1,44000	,40877	,055	-,0240	2,9040
		2 %	1,64667*	,40877	,024	,1827	3,1106
		3 %	3,45000*	,40877	,000	1,9860	4,9140
		4 %	2,50667*	,40877	,001	1,0427	3,9706
	1 %	0 %	-1,44000	,40877	,055	-2,9040	,0240
		2 %	,20667	,40877	1,000	-1,2573	1,6706
		3 %	2,01000*	,40877	,006	,5460	3,4740
		4 %	1,06667	,40877	,261	-,3973	2,5306
	2 %	0 %	-1,64667*	,40877	,024	-3,1106	-,1827
		1 %	-,20667	,40877	1,000	-1,6706	1,2573
		3 %	1,80333*	,40877	,013	,3394	3,2673

	4 %	,86000	,40877	,617	-,6040	2,3240
3 %	0 %	-3,45000*	,40877	,000	-4,9140	-1,9860
	1 %	-2,01000*	,40877	,006	-3,4740	-,5460
	2 %	-1,80333*	,40877	,013	-3,2673	-,3394
	4 %	-,94333	,40877	,437	-2,4073	,5206
4 %	0 %	-2,50667*	,40877	,001	-3,9706	-1,0427
	1 %	-1,06667	,40877	,261	-2,5306	,3973
	2 %	-,86000	,40877	,617	-2,3240	,6040
	3 %	,94333	,40877	,437	-,5206	2,4073

**Figura 47**

*Diagrama de caja del Limite Liquido*



Para el límite plástico, de la misma forma analizaremos la prueba de hipótesis, el cual se muestra a continuación:

## Determinación de la prueba de normalidad para el Limite plástico

**Tabla 55**

*Estadística Descriptiva del Limite Plástico*

Tratamiento			Estadístico	Error típ.	
Repeticiones	0 %	Media	23,0333	,47022	
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	21,0101	
			Límite superior	25,0565	
		Media recortada al 5%	.		
		Mediana	23,4000		
		Varianza	,663		
		Desv. típ.	,81445		
		Mínimo	22,10		
		Máximo	23,60		
		Rango	1,50		
		Amplitud intercuartil	.		
		Asimetría	-1,615	1,225	
		Curtosis	.	.	
			1 %	Media	22,3333
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior			21,9539	
	Límite superior			22,7128	
Media recortada al 5%	.				
Mediana	22,3000				
Varianza	,023				
Desv. típ.	,15275				
Mínimo	22,20				
Máximo	22,50				
Rango	,30				
Amplitud intercuartil	.				
Asimetría	,935			1,225	
Curtosis	.			.	
	2 %			Media	22,9000
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	21,5855	
			Límite superior	24,2145	
		Media recortada al 5%	.		
		Mediana	23,1000		
		Varianza	,280		
		Desv. típ.	,52915		
		Mínimo	22,30		

	Máximo		23,30
	Rango		1,00
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría	-1,458	1,225
	Curtosis	.	.
3 %	Media	23,9333	,14530
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	23,3082
		Límite superior	24,5585
	Media recortada al 5%		.
	Mediana	23,9000	
	Varianza	,063	
	Desv. típ.	,25166	
	Mínimo	23,70	
	Máximo	24,20	
	Rango	,50	
	Amplitud intercuartil	.	
	Asimetría	,586	1,225
	Curtosis	.	.
4 %	Media	22,6000	,17321
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	21,8548
		Límite superior	23,3452
	Media recortada al 5%		.
	Mediana	22,6000	
	Varianza	,090	
	Desv. típ.	,30000	
	Mínimo	22,30	
	Máximo	22,90	
	Rango	,60	
	Amplitud intercuartil	.	
	Asimetría	,000	1,225
	Curtosis	.	.

Nota: La tabla nos muestra los cálculos estadísticos descriptivos del

Límite plástico



**Tabla 56***Prueba de normalidad del Limite plástico*

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Repeticiones	0 %	,340	3	.	,848	3	,235
	1 %	,253	3	.	,964	3	,637
	2 %	,314	3	.	,893	3	,363
	3 %	,219	3	.	,987	3	,780
	4 %	,175	3	.	1,000	3	1,000

De acuerdo a la tabla 56, el valor de significancia de la prueba de Shapiro Wilk es mayor a 0.05, por lo que los datos presentan una distribución normal, para ello, continuaremos usando la prueba de ANOVA para la constatación de nuestra hipótesis.

**Tabla 57***Prueba ANOVA del Limite Plástico*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	4,436	4	1,109	4,951	,018
Intra-grupos	2,240	10	,224		
Total	6,676	14			

**Interpretación**

La significancia para el Limite Plástico es inferior a 0.05 por lo que las medias de los tratamientos son diferentes, es así que continuaremos realizando las comparaciones múltiples mediante las pruebas post hoc de Tukey y Bonferroni.

## Pruebas Post Hoc

**Tabla 58**

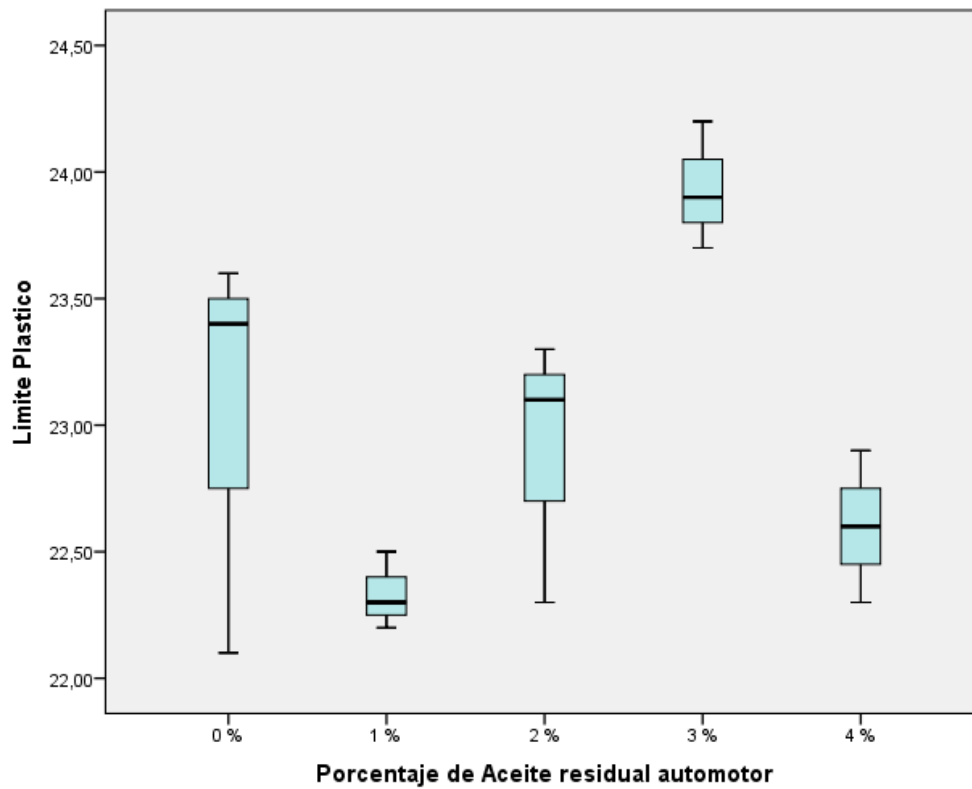
*Comparaciones múltiples Tukey y Bonferroni del Limite plástico*

Variable dependiente: Repeticiones							
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD de Tukey	0 %	1 %	,70000	,38644	,418	-,5718	1,9718
		2 %	,13333	,38644	,996	-1,1385	1,4051
		3 %	-,90000	,38644	,213	-2,1718	,3718
		4 %	,43333	,38644	,792	-,8385	1,7051
	1 %	0 %	-,70000	,38644	,418	-1,9718	,5718
		2 %	-,56667	,38644	,604	-1,8385	,7051
		3 %	-1,60000*	,38644	,013	-2,8718	-,3282
		4 %	-,26667	,38644	,954	-1,5385	1,0051
	2 %	0 %	-,13333	,38644	,996	-1,4051	1,1385
		1 %	,56667	,38644	,604	-,7051	1,8385
		3 %	-1,03333	,38644	,129	-2,3051	,2385
		4 %	,30000	,38644	,932	-,9718	1,5718
	3 %	0 %	,90000	,38644	,213	-,3718	2,1718
		1 %	1,60000*	,38644	,013	,3282	2,8718
		2 %	1,03333	,38644	,129	-,2385	2,3051
		4 %	1,33333*	,38644	,039	,0615	2,6051
4 %	0 %	-,43333	,38644	,792	-1,7051	,8385	
	1 %	,26667	,38644	,954	-1,0051	1,5385	
	2 %	-,30000	,38644	,932	-1,5718	,9718	
	3 %	-1,33333*	,38644	,039	-2,6051	-,0615	
Bonferroni	0 %	1 %	,70000	,38644	1,000	-,6840	2,0840
		2 %	,13333	,38644	1,000	-1,2507	1,5173
		3 %	-,90000	,38644	,421	-2,2840	,4840
		4 %	,43333	,38644	1,000	-,9507	1,8173
	1 %	0 %	-,70000	,38644	1,000	-2,0840	,6840
		2 %	-,56667	,38644	1,000	-1,9507	,8173
		3 %	-1,60000*	,38644	,020	-2,9840	-,2160
		4 %	-,26667	,38644	1,000	-1,6507	1,1173
	2 %	0 %	-,13333	,38644	1,000	-1,5173	1,2507
		1 %	,56667	,38644	1,000	-,8173	1,9507
		3 %	-1,03333	,38644	,233	-2,4173	,3507

	4 %	,30000	,38644	1,000	-1,0840	1,6840
3 %	0 %	,90000	,38644	,421	-,4840	2,2840
	1 %	1,60000*	,38644	,020	,2160	2,9840
	2 %	1,03333	,38644	,233	-,3507	2,4173
	4 %	1,33333	,38644	,062	-,0507	2,7173
4 %	0 %	-,43333	,38644	1,000	-1,8173	,9507
	1 %	,26667	,38644	1,000	-1,1173	1,6507
	2 %	-,30000	,38644	1,000	-1,6840	1,0840
	3 %	-1,33333	,38644	,062	-2,7173	,0507

**Figura 48**

*Diagrama de caja del Limite Plástico*



## Determinación de la prueba de normalidad para el Índice de plasticidad

**Tabla 59**

*Estadística Descriptiva del Índice de plasticidad*

Tratamiento		Estadístico	Error tít.	
Repeticiones	0 %	Media	10,7467	,06936
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	10,4482	
		Límite superior	11,0451	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	10,7400		
	Varianza	,014		
	Desv. tít.	,12014		
	Mínimo	10,63		
	Máximo	10,87		
	Rango	,24		
	Amplitud intercuartil	.		
	Asimetría	,249	1,225	
	Curtosis	.	.	
	1 %	Media	10,0067	,01202
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	9,9550	
Límite superior		10,0584		
Media recortada al 5%	.			
Mediana	10,0000			
Varianza	,000			
Desv. tít.	,02082			
Mínimo	9,99			
Máximo	10,03			
Rango	,04			
Amplitud intercuartil	.			
Asimetría	1,293	1,225		
Curtosis	.	.		
2 %	Media	9,2333	,02603	
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	9,1213		
	Límite superior	9,3453		
Media recortada al 5%	.			
Mediana	9,2300			
Varianza	,002			
Desv. tít.	,04509			
Mínimo	9,19			
Máximo	9,28			

	Rango		,09
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría	,331	1,225
	Curtosis		.
3 %	Media	6,3967	,04910
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	6,1854
		Límite superior	6,6079
	Media recortada al 5%		.
	Mediana	6,4300	
	Varianza	,007	
	Desv. típ.	,08505	
	Mínimo	6,30	
	Máximo	6,46	
	Rango	,16	
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría	-1,493	1,225
	Curtosis		.
4 %	Media	8,6733	,05487
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	8,4372
		Límite superior	8,9094
	Media recortada al 5%		.
	Mediana	8,6700	
	Varianza	,009	
	Desv. típ.	,09504	
	Mínimo	8,58	
	Máximo	8,77	
	Rango	,19	
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría	,158	1,225
	Curtosis		.

Nota: La tabla nos muestra los cálculos estadísticos descriptivos del Índice de Plasticidad

**Tabla 60***Prueba de Normalidad del Índice de plasticidad*

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Repeticiones	0 %	,189	3	.	,998	3	,908
	1 %	,292	3	.	,923	3	,463
	2 %	,196	3	.	,996	3	,878
	3 %	,319	3	.	,885	3	,339
	4 %	,181	3	.	,999	3	,942

De acuerdo a la tabla 50, el valor de significancia de la prueba de Shapiro Wilk es mayor a 0.05, por lo que los datos presentan una distribución normal, para ello, efectuaremos la prueba de ANOVA para la constatación de nuestra hipótesis.

**Tabla 61***Prueba ANOVA del Índice de plasticidad*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	33,006	4	8,252	1243,954	,000
Intra-grupos	,066	10	,007		
Total	33,073	14			

**Interpretación**

La significancia para el Índice de plasticidad es inferior a 0.05 por lo que las medias de los tratamientos son diferentes, es así que continuaremos realizando las comparaciones múltiples mediante las pruebas post hoc de Tukey y Bonferroni.

## Pruebas Post Hoc

**Tabla 62**

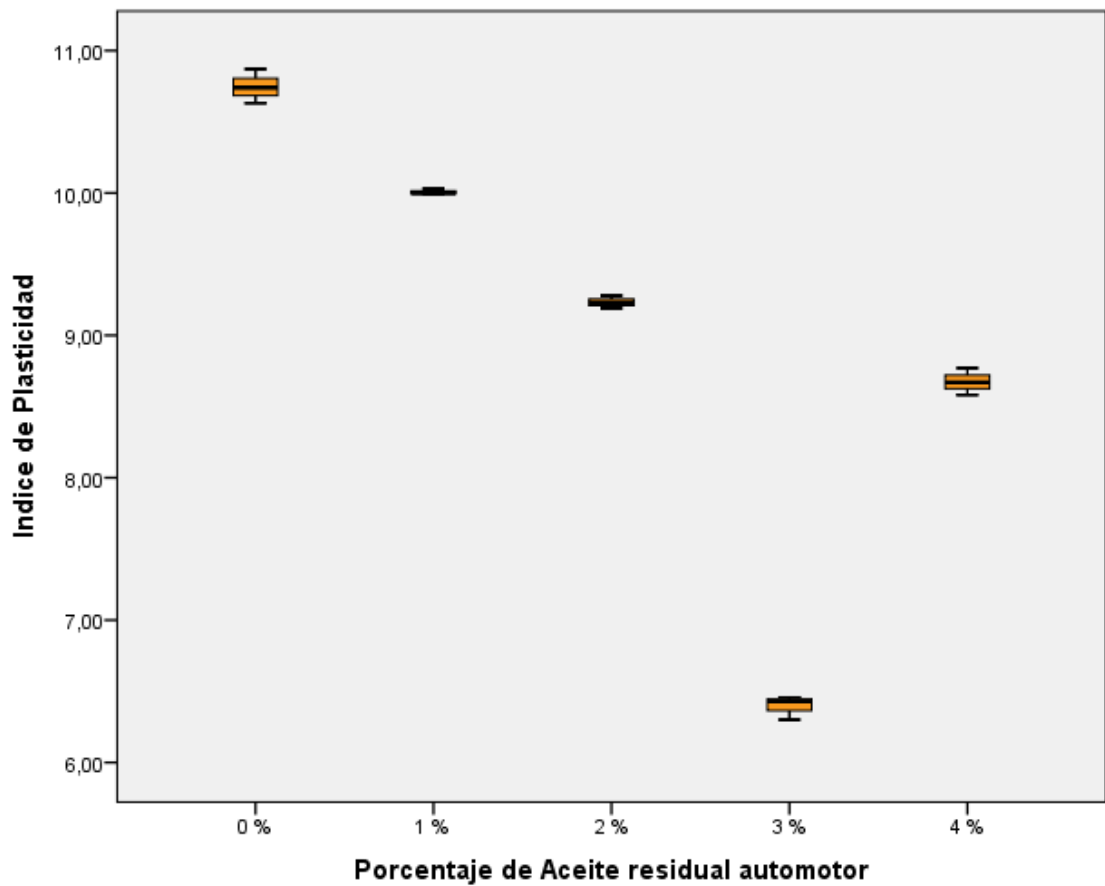
*Comparaciones múltiples Tukey y Bonferroni del Índice de plasticidad*

Variable dependiente: Repeticiones							
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD de Tukey	0 %	1 %	,74000*	,06650	,000	,5211	,9589
		2 %	1,51333*	,06650	,000	1,2945	1,7322
		3 %	4,35000*	,06650	,000	4,1311	4,5689
		4 %	2,07333*	,06650	,000	1,8545	2,2922
	1 %	0 %	-,74000*	,06650	,000	-,9589	-,5211
		2 %	,77333*	,06650	,000	,5545	,9922
		3 %	3,61000*	,06650	,000	3,3911	3,8289
		4 %	1,33333*	,06650	,000	1,1145	1,5522
	2 %	0 %	-1,51333*	,06650	,000	-1,7322	-1,2945
		1 %	-,77333*	,06650	,000	-,9922	-,5545
		3 %	2,83667*	,06650	,000	2,6178	3,0555
		4 %	,56000*	,06650	,000	,3411	,7789
	3 %	0 %	-4,35000*	,06650	,000	-4,5689	-4,1311
		1 %	-3,61000*	,06650	,000	-3,8289	-3,3911
		2 %	-2,83667*	,06650	,000	-3,0555	-2,6178
		4 %	-2,27667*	,06650	,000	-2,4955	-2,0578
4 %	0 %	-2,07333*	,06650	,000	-2,2922	-1,8545	
	1 %	-1,33333*	,06650	,000	-1,5522	-1,1145	
	2 %	-,56000*	,06650	,000	-,7789	-,3411	
	3 %	2,27667*	,06650	,000	2,0578	2,4955	
Bonferroni	0 %	1 %	,74000*	,06650	,000	,5018	,9782
		2 %	1,51333*	,06650	,000	1,2752	1,7515
		3 %	4,35000*	,06650	,000	4,1118	4,5882
		4 %	2,07333*	,06650	,000	1,8352	2,3115
	1 %	0 %	-,74000*	,06650	,000	-,9782	-,5018
		2 %	,77333*	,06650	,000	,5352	1,0115
		3 %	3,61000*	,06650	,000	3,3718	3,8482
		4 %	1,33333*	,06650	,000	1,0952	1,5715
	2 %	0 %	-1,51333*	,06650	,000	-1,7515	-1,2752
		1 %	-,77333*	,06650	,000	-1,0115	-,5352
		3 %	2,83667*	,06650	,000	2,5985	3,0748

	4 %	,56000*	,06650	,000	,3218	,7982
3 %	0 %	-4,35000*	,06650	,000	-4,5882	-4,1118
	1 %	-3,61000*	,06650	,000	-3,8482	-3,3718
	2 %	-2,83667*	,06650	,000	-3,0748	-2,5985
	4 %	-2,27667*	,06650	,000	-2,5148	-2,0385
4 %	0 %	-2,07333*	,06650	,000	-2,3115	-1,8352
	1 %	-1,33333*	,06650	,000	-1,5715	-1,0952
	2 %	-,56000*	,06650	,000	-,7982	-,3218
	3 %	2,27667*	,06650	,000	2,0385	2,5148
	4 %					

**Figura 49**

*Diagrama de caja del Índice de plasticidad*





## **Interpretación de los resultados obtenidos de la prueba Anova para los límites de consistencia.**

Luego de haber realizado la prueba ANOVA, el resultado del valor de significancia es menor a 0.05, por lo que rechazamos la hipótesis nula, y validamos la hipótesis alternativa que el aceite residual automotor disminuye los límites de consistencia del material de afirmado obtenidos de la cantera de sacra familia.

Así mismo, las pruebas Post Hoc de Tukey y Bonferroni nos muestra en la tabla 62 y figura 49 que existe una diferencia positiva al añadir el 3% de aceite residual en el afirmado, en comparación al afirmado en estado natural.

- **Segunda hipótesis específica planteada**

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):**

El aceite residual automotor no incrementa el grado de compacidad del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.

**Hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>):**

El aceite residual automotor incrementa el grado de compacidad del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.

**Prueba de segunda hipótesis específica planteada**

El grado de compacidad fue determinado mediante el ensayo de Proctor modificado, por lo que en la Tabla 50 nos muestra las densidades máximas obtenidas, por lo cual se observa un aumento en las densidades máximas del afirmado, luego de añadir aceite residual automotor, teniendo como mejor resultado una densidad máxima de 2.363 g/cm<sup>3</sup> luego de añadir el 3% de aceite residual, por lo que la segunda hipótesis específica planteada es válida.

Así mismo, realizamos prueba de hipótesis en el software SPSS para comprobar la veracidad de nuestra hipótesis el cual se muestra a continuación

**Determinación de la prueba de normalidad para el Grado de compacidad.**

**Tabla 63**

*Estadística Descriptiva del grado de Densidad máxima seca*

Tratamiento			Estadístico	Error típ.		
Repeticiones	0 %	Media	2,2917	,00441		
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	2,2727		
			Límite superior	2,3106		
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	2,2900			
		Varianza	,000			
		Desv. típ.	,00764			
		Mínimo	2,29			
		Máximo	2,30			
		Rango	,02			
		Amplitud intercuartil	.			
		Asimetría	,935	1,225		
		Curtosis	.	.		
			1 %	Media	2,3173	,00371
				Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	2,3014
Límite superior	2,3333					
Media recortada al 5%	.					
Mediana	2,3200					
Varianza	,000					
Desv. típ.	,00643					
Mínimo	2,31					
Máximo	2,32					
Rango	,01					
Amplitud intercuartil	.					
Asimetría	-1,545			1,225		
Curtosis	.			.		
	2 %			Media	2,3317	,00639
				Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	2,3042
		Límite superior	2,3591			
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	2,3330			

	Varianza		,000
	Desv. típ.		,01106
	Mínimo		2,32
	Máximo		2,34
	Rango		,02
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría		-,535 1,225
	Curtosis		.
3 %	Media		2,3573 ,00384
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	2,3408
	la media al 95%	Límite superior	2,3739
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		2,3590
	Varianza		,000
	Desv. típ.		,00666
	Mínimo		2,35
	Máximo		2,36
	Rango		,01
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría		-1,056 1,225
	Curtosis		.
4 %	Media		2,3400 ,00577
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	2,3152
	la media al 95%	Límite superior	2,3648
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		2,3400
	Varianza		,000
	Desv. típ.		,01000
	Mínimo		2,33
	Máximo		2,35
	Rango		,02
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría		,000 1,225
	Curtosis		.

Nota: La tabla nos muestra los cálculos estadísticos descriptivos de la densidad máxima seca.

**Tabla 64***Prueba de Normalidad del grado de Densidad máxima seca*

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Repeticiones	0 %	,253	3	.	,964	3	,637
	1 %	,328	3	.	,871	3	,298
	2 %	,215	3	.	,989	3	,800
	3 %	,265	3	.	,953	3	,583
	4 %	,175	3	.	1,000	3	1,000

De acuerdo a la tabla 50, el valor de significancia de la prueba de Shapiro Wilk es mayor a 0.05, por lo que los datos presentan una distribución normal, para ello, efectuaremos la prueba de ANOVA para la constatación de nuestra hipótesis.

**Tabla 65***Prueba ANOVA de la Densidad máxima seca*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,007	4	,002	25,090	,000
Intra-grupos	,001	10	,000		
Total	,008	14			

**Interpretación**

La significancia para la densidad máxima seca es inferior a 0.05 por lo que las medias de los tratamientos son diferentes, es así que continuaremos realizando las comparaciones múltiples mediante las pruebas post hoc de Tukey y Bonferroni.

## Pruebas Post Hoc

**Tabla 66**

*Comparaciones múltiples Tukey y Bonferroni del grado de Densidad máxima*

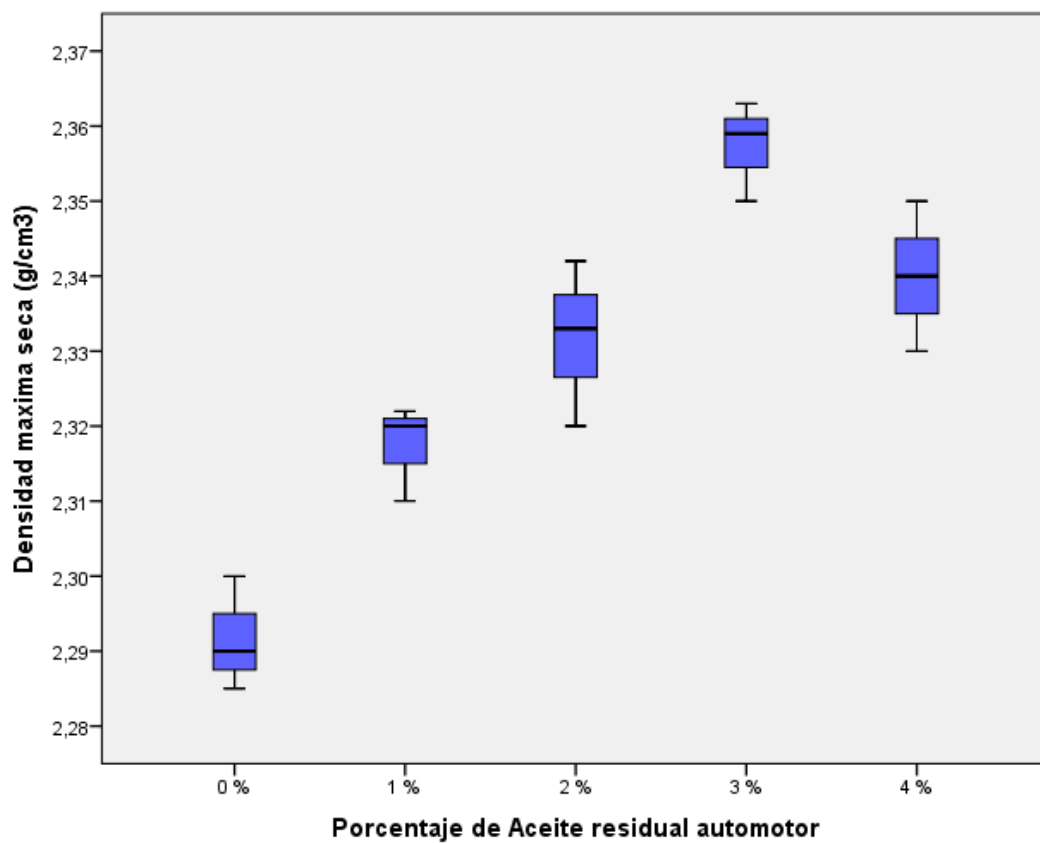
*seca*

Variable dependiente: Repeticiones							
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD de Tukey	0 %	1 %	-,02567*	,00699	,028	-,0487	-,0027
		2 %	-,04000*	,00699	,001	-,0630	-,0170
		3 %	-,06567*	,00699	,000	-,0887	-,0427
		4 %	-,04833*	,00699	,000	-,0713	-,0253
	1 %	0 %	,02567*	,00699	,028	,0027	,0487
		2 %	-,01433	,00699	,311	-,0373	,0087
		3 %	-,04000*	,00699	,001	-,0630	-,0170
		4 %	-,02267	,00699	,054	-,0457	,0003
	2 %	0 %	,04000*	,00699	,001	,0170	,0630
		1 %	,01433	,00699	,311	-,0087	,0373
		3 %	-,02567*	,00699	,028	-,0487	-,0027
		4 %	-,00833	,00699	,756	-,0313	,0147
	3 %	0 %	,06567*	,00699	,000	,0427	,0887
		1 %	,04000*	,00699	,001	,0170	,0630
		2 %	,02567*	,00699	,028	,0027	,0487
		4 %	,01733	,00699	,171	-,0057	,0403
	4 %	0 %	,04833*	,00699	,000	,0253	,0713
		1 %	,02267	,00699	,054	-,0003	,0457
		2 %	,00833	,00699	,756	-,0147	,0313
		3 %	-,01733	,00699	,171	-,0403	,0057
Bonferroni	0 %	1 %	-,02567*	,00699	,043	-,0507	-,0006
		2 %	-,04000*	,00699	,002	-,0650	-,0150
		3 %	-,06567*	,00699	,000	-,0907	-,0406
		4 %	-,04833*	,00699	,000	-,0734	-,0233
	1 %	0 %	,02567*	,00699	,043	,0006	,0507
		2 %	-,01433	,00699	,674	-,0394	,0107
		3 %	-,04000*	,00699	,002	-,0650	-,0150
		4 %	-,02267	,00699	,088	-,0477	,0024
	2 %	0 %	,04000*	,00699	,002	,0150	,0650

	1 %	,01433	,00699	,674	-,0107	,0394
	3 %	-,02567*	,00699	,043	-,0507	-,0006
	4 %	-,00833	,00699	1,000	-,0334	,0167
3 %	0 %	,06567*	,00699	,000	,0406	,0907
	1 %	,04000*	,00699	,002	,0150	,0650
	2 %	,02567*	,00699	,043	,0006	,0507
	4 %	,01733	,00699	,325	-,0077	,0424
4 %	0 %	,04833*	,00699	,000	,0233	,0734
	1 %	,02267	,00699	,088	-,0024	,0477
	2 %	,00833	,00699	1,000	-,0167	,0334
	3 %	-,01733	,00699	,325	-,0424	,0077

**Figura 50**

*Diagrama de caja de la densidad máxima seca*



## **Interpretación de los resultados obtenidos de la prueba Anova para el grado de compacidad.**

Luego de haber realizado la prueba ANOVA, el resultado del valor de significancia es menor a 0.05, por lo que rechazamos la hipótesis nula, y validamos la hipótesis alternativa que el aceite residual automotor permite incrementar el grado de compacidad del afirmado proveniente de la cantera de Sacra Familia.

Así mismo, las pruebas Post Hoc de Tukey y Bonferroni nos muestra en la Tabla 66 y Figura 50 que existe una diferencia positiva al añadir el 3% de aceite residual en el afirmado, en comparación al afirmado en estado natural.

- **Tercera hipótesis específica planteada**

### **Hipótesis nula (H0):**

El aceite residual automotor no incrementa la capacidad de carga del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.

### **Hipótesis alternativa (Ha):**

El aceite residual automotor incrementa la capacidad de carga del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.

### **Prueba de Tercera hipótesis específica planteada**

La capacidad de carga del afirmado fue determinada mediante el ensayo de CBR, por lo que en la Tabla 50 nos muestra el aumento del porcentaje CBR, luego de añadir aceite residual automotor, teniendo como mejor resultado un CBR de 89.60% luego de añadir el 3% de aceite residual en comparación al CBR del afirmado en estado natural, por lo que la tercera hipótesis específica planteada es válida.

## Determinación de la prueba de normalidad para el CBR

**Tabla 67**

*Estadística Descriptiva del CBR*

Tratamiento			Estadístico	Error tít.		
Repeticiones	0 %	Media	70,1667	1,23468		
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	64,8543		
			Límite superior	75,4791		
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	69,7000			
		Varianza	4,573			
		Desv. tít.	2,13854			
		Mínimo	68,30			
		Máximo	72,50			
		Rango	4,20			
		Amplitud intercuartil	.			
		Asimetría	,935	1,225		
		Curtosis	.	.		
			1 %	Media	69,7000	,80829
				Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	66,2222
Límite superior	73,1778					
Media recortada al 5%	.					
Mediana	69,7000					
Varianza	1,960					
Desv. tít.	1,40000					
Mínimo	68,30					
Máximo	71,10					
Rango	2,80					
Amplitud intercuartil	.					
Asimetría	,000			1,225		
Curtosis	.			.		
	2 %			Media	81,1000	,80829
				Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	77,6222
		Límite superior	84,5778			
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	81,1000			
		Varianza	1,960			
		Desv. tít.	1,40000			
		Mínimo	79,70			
		Máximo	82,50			



	Rango		2,80
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría	,000	1,225
	Curtosis		.
3 %	Media	88,2000	,80829
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	84,7222
		Límite superior	91,6778
	Media recortada al 5%		.
	Mediana	88,2000	
	Varianza	1,960	
	Desv. típ.	1,40000	
	Mínimo	86,80	
	Máximo	89,60	
	Rango	2,80	
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría	,000	1,225
	Curtosis		.
4 %	Media	83,9000	,80829
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	80,4222
		Límite superior	87,3778
	Media recortada al 5%		.
	Mediana	83,9000	
	Varianza	1,960	
	Desv. típ.	1,40000	
	Mínimo	82,50	
	Máximo	85,30	
	Rango	2,80	
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría	,000	1,225
	Curtosis		.

Nota: La tabla nos muestra los cálculos estadísticos descriptivos del límite líquido

**Tabla 68***Prueba de Normalidad del CBR*

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Repeticiones	0 %	,253	3	.	,964	3	,637
	1 %	,175	3	.	1,000	3	1,000
	2 %	,175	3	.	1,000	3	1,000
	3 %	,175	3	.	1,000	3	1,000
	4 %	,175	3	.	1,000	3	1,000

De acuerdo a la tabla 50, el valor de significancia de la prueba de Shapiro Wilk es mayor a 0.05, por lo que los datos presentan una distribución normal, para ello, efectuaremos la prueba de ANOVA para la constatación de nuestra hipótesis.

**Tabla 69***Prueba ANOVA del CBR*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	830,491	4	207,623	83,629	,000
Intra-grupos	24,827	10	2,483		
Total	855,317	14			

**Interpretación**

La significancia para el CBR es inferior a 0.05 por lo que las medias de los tratamientos son diferentes, es así que continuaremos realizando las comparaciones múltiples mediante las pruebas post hoc de Tukey y Bonferroni.

## Pruebas Post Hoc

**Tabla 70**

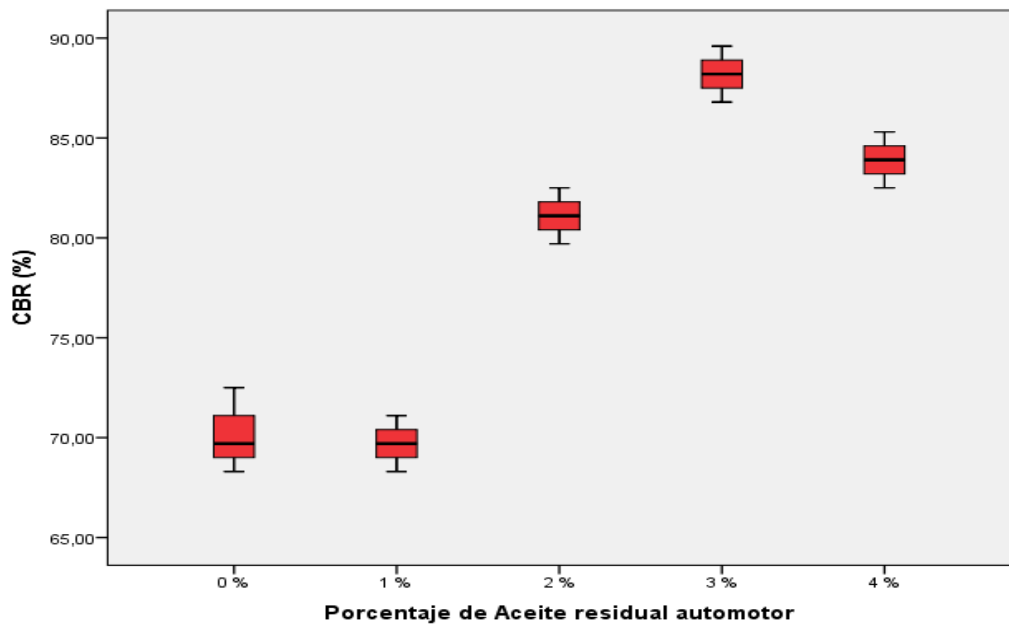
*Comparaciones múltiples Tukey y Bonferroni del CBR*

Variable dependiente: Repeticiones								
	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
HSD de Tukey	0 %	1 %	,46667	1,28651	,996	-3,7673	4,7007	
		2 %	-	1,28651	,000	-15,1673	-6,6993	
		3 %	-	1,28651	,000	-22,2673	-13,7993	
		4 %	-	1,28651	,000	-17,9673	-9,4993	
	1 %	0 %	10,93333*	-	1,28651	,996	-4,7007	3,7673
		2 %	11,40000*	-	1,28651	,000	-15,6340	-7,1660
		3 %	18,03333*	-	1,28651	,000	-22,7340	-14,2660
		4 %	14,20000*	-	1,28651	,000	-18,4340	-9,9660
	2 %	0 %	11,40000*	10,93333*	1,28651	,000	6,6993	15,1673
		1 %	11,40000*	11,40000*	1,28651	,000	7,1660	15,6340
		3 %	-7,10000*	-7,10000*	1,28651	,002	-11,3340	-2,8660
		4 %	-2,80000	-2,80000	1,28651	,263	-7,0340	1,4340
	3 %	0 %	18,03333*	18,03333*	1,28651	,000	13,7993	22,2673
		1 %	18,50000*	18,50000*	1,28651	,000	14,2660	22,7340
		2 %	7,10000*	7,10000*	1,28651	,002	2,8660	11,3340
		4 %	4,30000*	4,30000*	1,28651	,046	,0660	8,5340
4 %	0 %	13,73333*	13,73333*	1,28651	,000	9,4993	17,9673	
	1 %	14,20000*	14,20000*	1,28651	,000	9,9660	18,4340	
	2 %	2,80000	2,80000	1,28651	,263	-1,4340	7,0340	
	3 %	-4,30000*	-4,30000*	1,28651	,046	-8,5340	-,0660	
Bonferroni	0 %	1 %	,46667	1,28651	1,000	-4,1409	5,0742	
		2 %	-	1,28651	,000	-15,5409	-6,3258	
		3 %	-	1,28651	,000	-22,6409	-13,4258	

	4 %	-	1,28651	,000	-18,3409	-9,1258
		13,73333*				
1 %	0 %	-,46667	1,28651	1,000	-5,0742	4,1409
	2 %	-	1,28651	,000	-16,0075	-6,7925
		11,40000*				
	3 %	-	1,28651	,000	-23,1075	-13,8925
		18,50000*				
	4 %	-	1,28651	,000	-18,8075	-9,5925
		14,20000*				
2 %	0 %	10,93333*	1,28651	,000	6,3258	15,5409
	1 %	11,40000*	1,28651	,000	6,7925	16,0075
	3 %	-7,10000*	1,28651	,003	-11,7075	-2,4925
	4 %	-2,80000	1,28651	,546	-7,4075	1,8075
3 %	0 %	18,03333*	1,28651	,000	13,4258	22,6409
	1 %	18,50000*	1,28651	,000	13,8925	23,1075
	2 %	7,10000*	1,28651	,003	2,4925	11,7075
	4 %	4,30000	1,28651	,075	-,3075	8,9075
4 %	0 %	13,73333*	1,28651	,000	9,1258	18,3409
	1 %	14,20000*	1,28651	,000	9,5925	18,8075
	2 %	2,80000	1,28651	,546	-1,8075	7,4075
	3 %	-4,30000	1,28651	,075	-8,9075	,3075

**Figura 51**

*Diagrama de caja del CBR*



## **Interpretación de los resultados obtenidos de la prueba Anova para el grado de compacidad.**

Luego de haber realizado la prueba ANOVA, el resultado del valor de significancia es menor a 0.05, por lo que rechazamos la hipótesis nula, y validamos la hipótesis alternativa que el aceite residual automotor incrementa la capacidad de carga del afirmado proveniente de la cantera de Sacra Familia.

Así mismo, las pruebas Post Hoc de Tukey y Bonferroni nos muestra en la Tabla 70 y Figura 51 que existe una diferencia positiva al añadir el 3% de aceite residual en el afirmado, en comparación al afirmado en estado natural.

### **4.4. Discusión de resultados**

#### **Hipótesis específica 1**

Según Del castillo y Orobio (2020) en su investigación concluye que existe una disminución en los límites de consistencia, esto debido a que las partículas del suelo son cubiertas por el aceite residual, por lo que se convierte en una película viscosa y no miscible con el agua. Es así que en el caso de nuestra investigación también se tiene una disminución en la consistencia del suelo, esto debido a que inicialmente el índice de plasticidad del suelo es de un 10.87% y luego de añadirle aceite residual automotor, la plasticidad va disminuyendo hasta un 6.30%. es por ello que queda comprobado nuestra primera hipótesis referido a que el aceite residual automotor disminuye los límites de consistencia.

#### **Hipótesis específica 2**

Por otro lado, Huaquisto (2015), nos menciona que la densidad máxima seca incrementa con la dosificación de aceite residual del 2% al 4%, sin embargo, a partir del 4% se genera una disminución de la densidad. Teniendo esa referencia,

se realizó las pruebas para determinar la densidad máxima seca obteniendo como resultados un porcentaje mínimo de aumento de la densidad máxima seca, tal como nos muestra la Tabla 50; es donde se comprueba lo mencionado por Huasquisto que al añadir el 4% de aceite residual en adelante se va generando una disminución de la densidad máxima seca.

### **Hipótesis específica 3**

Respecto a la capacidad de carga del material de afirmado, Villanueva (2022) nos menciona en su investigación que se observa un incremento al 54% del CBR luego de añadir el 4% de aceite residual automotor, sin embargo si se añade en mayor porcentaje el aceite residual, el CBR se va disminuyendo.

En nuestro caso, se observa un aumento del CBR en un 89.60% luego de añadirle el 3% de aceite residual, mientras que, si se decide añadir un mayor porcentaje de aceite residual, el CBR va disminuyendo. Por lo que confirmamos la afirmación que realizó Villanueva en su investigación.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que la adición de aceite residual automotor mejora la estabilización del material de afirmado proveniente de la cantera de sacra familia, debido a que se presenta una disminución en la consistencia, un incremento en la compacidad y capacidad de carga del suelo afirmado.
- Respecto a la consistencia del suelo afirmado, se determinó el índice de plasticidad del material afirmado en estado natural teniendo como resultado un 10.87% mientras que, si se añade el 1%, 2%, 3% y 4% de aceite residual se obtiene como mejor resultado un IP de 9.99%, 9.19%, 6.30%, 8.58%, respectivamente. Por lo que concluimos que al añadir el 3% de aceite residual se genera un mejor resultado al tener un IP más bajo que los demás.
- La compacidad del material afirmado se realizó mediante el ensayo de Proctor, por lo que, al determinar la densidad máxima seca al material de afirmado en estado natural, se obtuvo una densidad máxima de 2.285 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que al añadir aceite residual al afirmado en proporciones de 1%, 2%, 3% y 4% la densidad máxima seca aumentó en 2.322, 2.342, 2.363, 2.350 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. Evidenciando una mayor máxima densidad seca cuando se añade el 3% de aceite residual al material para afirmado.
- La capacidad de carga del material afirmado sin adición de aceite, nos muestra un valor de CBR de 68.30%, mientras que al añadir aceite residual automotor, en un porcentaje de 1%, 2%, 3% y 4% el CBR aumenta en un 71.10%, 82.50%, 89.60% y 85.30% respectivamente. Por lo que al añadir un 3% de aceite residual se tiene una resistencia a la carga mejorada.

## RECOMENDACIONES

- Según los resultados obtenidos en la investigación, se recomienda el uso de aceite residual automotor como estabilizador en el afirmado solo en proporciones de 2 – 4%
- Se recomienda seguir estudiando la adición del aceite residual a nivel de propiedades químicas para el mejoramiento de suelos; el cual puede sumar a la lista de materiales estabilizantes del manual del MTC.
- Para lograr un mejor resultado, se recomienda agregar conjuntamente con el aceite residual, algún estabilizante normado (Cal, ceniza, cemento) al material de cantera de sacra familia con el fin de aumentar los finos y mejorar la adherencia de partículas gruesas.
- Sugerimos a la entidades gubernamentales e instituciones educativas de nivel superior, impulsar el reciclaje de aceite residual automotor para el uso como material estabilizante.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AASHTO INTERNATIONAL. (2004). *AASHTO Designation: 147-65 Materials for Aggregate and soil-Aggregate Subbase, Base, and Surface Courses*.
- Alarcon, J., Jiménez, M., y Benítez, R. (2020). *Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. Ingeniería y construcción*, 35(1), 5-20.  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071850732020000100005&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071850732020000100005&script=sci_abstract)
- Arbaiza, L. (2013). *Como elaborar una tesis de grado* (Primera). Esan ediciones.
- Ávila, R. (2001). *Metodología de la investigación: cómo elaborar la tesis y/o investigación: ejemplos de diseños de tesis y/o investigación*. (1° Edición) Estudios y Ediciones R.A.
- Barreto, D. J., y Taco, J. A. (2021). *Estabilización de Base Granular con Aceite Sulfonado y Cemento Portland Tipo I del Camino Vecinal «Huasahuasi—Hacienda Calla», Tarma—Junín, KM 3+000 KM 4+000* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. DSpace. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4934>
- Barrios, L., Robayo, J., Prieto, S., y Cardona, S. (2015). *Biorremediación de Suelos Contaminados con Aceites Usados de Motor. Cintex 20*, 20(1), 66-96.
- Braja M, D. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Cuarta). CENCAGE learning. <http://estudiantesingcivil.blogspot.mx/>
- Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación científica (Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación)* (1° edición). San Marcos.
- Córdova, M. (2003). *Estadística descriptiva e inferencial* (Quinta, Vol. 518). Moshera. [WWW.FreeLibros.me](http://WWW.FreeLibros.me)

- Del castillo, R., y Orobio, A. (2020). *Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante. Informes de la Construcción*, 72(336), 558.
- Diaz, L. F., y Páez, J. E. (2019). *Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso* [Tesis de Maestría, Universidad Santo Tomas]. Infotegra.  
<http://hdl.handle.net/11634/19580>
- Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación* (6ta edición). Mc Graw hill education. <http://www.ebooks7-24.com/?il=6443>
- Huamán, J. D., y Camacho, D. (2022). *Uso del Aceite Residual de Motor Diésel para Mejorar las Propiedades Mecánicas de la Subrasante de un Pavimento* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. DSpace.  
<http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/458>
- Huarsaya, F. S. (2022). *Estabilización de suelo cohesivo de subrasante con aceite residual para la pavimentación de la Av. Santiago Geraldo, Juliaca, Puno, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Chimera.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/100418>
- Huasquisto, S. (2015). *Efecto del aceite residual de vehículos motorizados en los factores físico mecánicos del suelo fino. Altoandin*, 17(2), 207-214.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Glosario de términos frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial*. MTC.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras: Sección suelos y pavimentos*. Macro.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. MTC.

- Palma, F. (2015). *Mejoramiento de la subrasante utilizando geomallas en la avenida los insurgentes, distrito de Chaupimarca—Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. DSpace.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/92>
- Patín, Á. (2018). *Reciclado de aceite quemado de vehículo en la estabilización de suelos arenosos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. DSpace. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5156>
- Quiquia, R. (2019). *Incorporación de arcilla en suelos de baja plasticidad para utilizar en sub-base para pavimento rígido* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. DSpace.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1894>
- Quispe, A. (2015). *Incidencia de la adición de aditivo Perma-Zyme 22x en suelos con alto contenido de finos para la construcción de carreteras de tipo Afirmado* [Tesis de Maestría, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. DSpace.  
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/427>
- Reyes, O. J, Porras, M. S., y Rodríguez, A. Y. (2015). *Empleo de aceite quemado para mejorar las propiedades mecánicas de bases y subbases granulares. Ciencia E Ingeniería Neogranadina, 11(1), 55-81*. <https://doi.org/10.18359/rcin.1355>
- Robles, J. E. (2020). *Uso de relave para mejoramiento de suelos por el método Compaction Grouting, Pasco—2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. DSpace.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2030>
- Tamayo, M. (2018). *El proceso de la investigación científica* (4ta edición). Limusa.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El\\_proceso\\_\\_de\\_la\\_investigaci\\_n\\_cient\\_fica\\_Mario\\_Tamayo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El_proceso__de_la_investigaci_n_cient_fica_Mario_Tamayo.pdf)

- Villanueva, D. J. (2022). *La adición del aceite residual automotriz mejora la estabilización de subrasante de la carretera afirmada Dv. Chirinos – Chirinos, Cajamarca, 2021* [Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma]. DSpace.  
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5572>
- Valderrama, S. (2002). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica cuantitativa, cualitativa y mixta* (5° edición). San Marcos.

# **ANEXOS**

**ANEXO 01**  
**INSTRUMENTOS DE**  
**RECOLECCION DE**  
**DATOS**

**ENSAYOS DE  
LABORATORIO DEL  
MATERIAL AFIRMADO  
EN ESTADO NATURAL  
Y CON 1%, 2%,3%, 4%  
DE ACEITE RESIDUAL  
AUTOMOTOR  
(MUESTRA 01)**



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2216, (Contenido de humedad por diferencia de masas)

**2.- Objeto:** Determinar el contenido de humedad del material de cantera

**3.- Materiales:** Balanza digital, bandejas, horno.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado)

**5.- Cálculos:**

MUESTRA N°	1	SUELOS NATURAL			
		N° ensayos	M - 01	M - 02	M - 03
Masa natural húmeda + bandeja (g)		699.8	888.0	922.0	640.5
Masa natural seca + bandeja (g)		690.3	879.7	912.6	631.8
Masa bandeja (g)		69.5	63.7	78.0	70.3

**6.- Resultados:**

N° ensayos	M- 01	M- 02	M- 03	M- 04
Masa húmeda (g)	630.3	824.3	844.0	570.2
Masa seca (g)	620.8	816.0	834.6	561.5
Masa del agua (g)	9.5	8.3	9.4	8.7
Contenido de humedad (%)	1.53 %	1.02 %	1.13 %	1.55 %

**PROMEDIO CONTENIDO HUMEDAD (%)** 1.31 %



*Robín Alcedo Vigo Rojas*  
ROBIN ALCEDO VIGO ROJAS  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264236





**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ANALISIS GRANULOMETRICO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Tamices ASTM E-11, Test Sieve, Balanza digital, Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado)

**5.- Calculos:**

<b>Datos en el momento del ensayo del Laboratorio:</b>						
Masa de Bandeja:		0.00 g.	Masa de muestra lavada + tara:			4000.00 g.
<b>GRANULOMETRÍA</b>						Masa de Muestra lavada seca: 4000.00 g.
Cribas		Masa retenida (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado	
Pulg.	mm					
3"	75.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	
2.1/2"	63.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	D <sub>60</sub> : 10.10
2"	50.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	D <sub>30</sub> : 3.77
1.1/2"	38.100	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	D <sub>10</sub> : 0.77
1"	25.000	388.60	9.74 %	9.74 %	90.26 %	
3/4"	19.000	298.60	7.49 %	17.23 %	82.77 %	Error mecánico <3%+
1/2"	12.500	615.00	15.42 %	32.65 %	67.35 %	11.40 g.
3/8"	9.500	366.10	9.18 %	41.83 %	58.17 %	0.28 %
1/4"	6.300	603.70	15.14 %	56.96 %	43.04 %	
# 04	4.750	295.10	7.40 %	64.36 %	35.64 %	
# 10	2.000	633.10	15.87 %	80.23 %	19.77 %	Diametro Nominal de la partícula mayor
# 20	0.850	355.30	8.91 %	89.14 %	10.86 %	38.10
# 30	0.600	106.40	2.67 %	91.81 %	8.19 %	
# 40	0.425	94.30	2.36 %	94.17 %	5.83 %	
# 50	0.300	59.10	1.48 %	95.66 %	4.34 %	Coeficiente Uniformidad
# 60	0.250	22.90	0.57 %	96.23 %	3.77 %	
# 100	0.150	44.80	1.12 %	97.35 %	2.65 %	Cu: 13.12
# 200	0.075	41.30	1.04 %	98.39 %	1.61 %	
Cazoleta:		64.30	1.61 %	100.00 %	0.00 %	
<b>TOTAL:</b>		<b>3988.60</b>	<b>100.00</b>			Coeficiente Gradacion Cc: 1.83



*[Firma]*  
**ROBIN ALEJANDRO VICO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



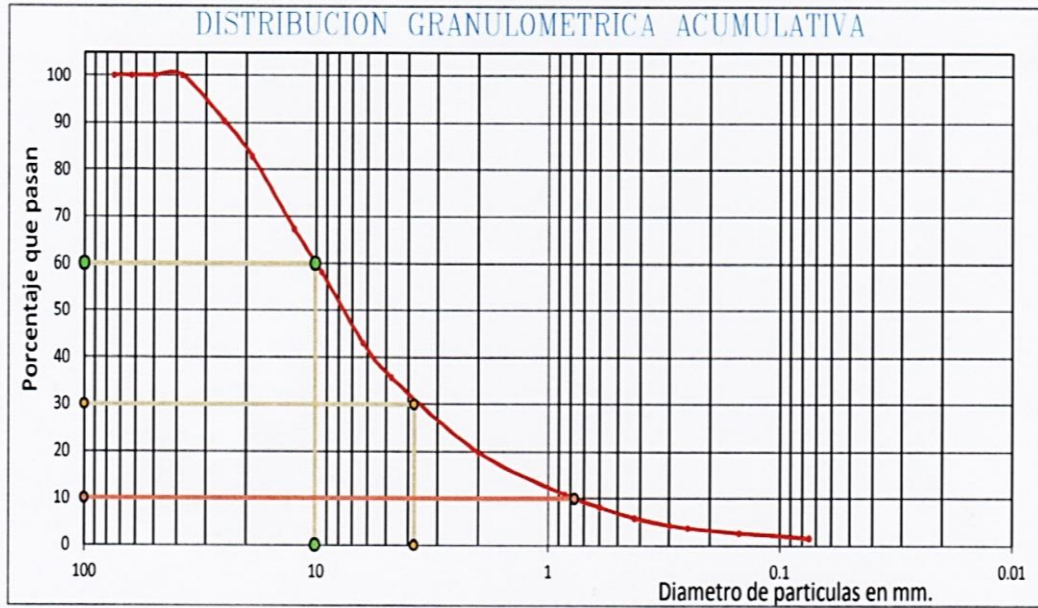
**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**6.- Resultados:**



Limite Liquido : (LL) 32.73%

Limite Plastico : (LP) 22.10%

Indice Plastico : (Ip) 10.63%

SIMBOLO DEL GRUPO SUCS	SIMBOLO DEL GRUPO AASHTO
<b>GW</b>	<b>A-1-a</b>
Grava bien graduadas	Fragmento de roca, grava y arena



*[Firma manuscrita]*  
**ROBIN ALFREDO VILA**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

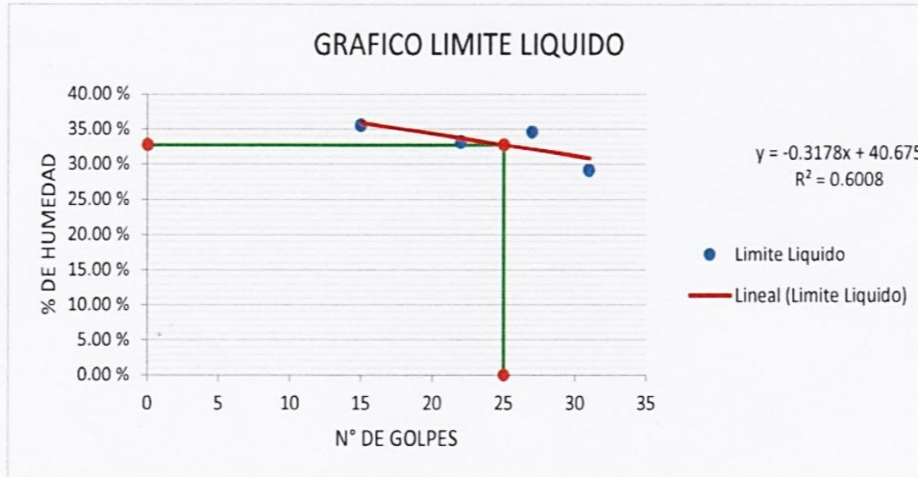
**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado)

**5.- Cálculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	Numero de golpes	15	22	27	31	M-01	M-02
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	34.738	34.752	32.616	32.935	2.716	2.802	2.760
Masa muestra seca (g) + tara(g):	27.665	27.939	26.406	27.234	2.452	2.525	2.454
Masa de tara (g):	7.786	7.381	8.472	7.684	1.225	1.177	1.192
Masa contenida de agua (g):	7.073	6.813	6.210	5.701	0.264	0.277	0.306
Masa suelos seco (g):	19.879	20.558	17.934	19.550	1.227	1.348	1.262
% de humedad:	35.58 %	33.14 %	34.63 %	29.16 %	21.52 %	20.55 %	24.25 %

**6.- Resultados:**



Limite Liquido (LL) :	<b>32.73 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>22.10 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>10.63 %</b>



*Robin Alfredo Vigo Rojas*  
**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 115-2000, J. E. Bowles ( Experimento N° 9)
- 2.- **Objeto:**  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- 3.- **Materiales:**  
Molde de 6 pulgadas, Pisón ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tamices ó Mallas.- De ¾ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm), Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado)
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen del Molde (cm3)	2104.92
Masa del Molde (g)	6154.00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	10,502	10,973	11,188	10,798
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,348	4,819	5,034	4,644
Masa Volumetrica Humeda	g	2,066	2,289	2,392	2,206
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	63.7	78.1	70.3	69.5
Masa Suelo Humedo + Tara	g	375.0	511.3	382.3	624.6
Masa Suelo Seco + Tara	g	360.5	490.1	365.3	592.9
Masa del agua	g	14.5	21.2	17.0	31.7
Masa del suelo seco	g	297	412	295	523
Contenido de agua	%	4.89	5.15	5.76	6.06
Densidad Seca	g/cm3	1.969	2.177	2.261	2.080

- 6.- **Resultados:**  
**Densidad Máxima Seca:** 2.300 g/cm<sup>3</sup>      **Contenido Humedad Optima:** 5.530 %



*Robín Alfredo Vico Rojas*  
**ROBIN ALFREDO VICO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

UBICACIÓN:	SACRAFAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- Referencia: ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- Objeto: Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- Materiales: Equipo CBR, cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- Descripción: Suelo Natural (Afirmado)
- 5.- Cálculos:

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde Nº	2		4		1	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Masa suelo + Masa molde (g)	12,766	12,820	12,458	12,548	12,370	12,424
Masa molde (g)	7,528	7,528	7,508	7,508	7,528	7,528
Masa suelo compactado (g)	5,238	5,292	4,950	5,040	4,842	4,896
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.435	2.460	2.301	2.343	2.251	2.276
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.329	2.333	2.193	2.221	2.141	2.142

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	2	4	1
Masa de tara (g)	54.4	54.4	63.7
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	317.6	580.3	338.9
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	306.1	553.2	325.5
Masa del agua (g)	11.5	27.1	13.4
Masa de suelo seco (g)	251.7	498.8	261.8
Humedad (%)	4.6	5.4	5.1

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg) (mm)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde Nº 2				Molde Nº 4				Molde Nº 1				
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección		
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	
0.025	0.63	306	15.1			61	3.0			31	1.5			
0.050	1.27	510	25.2			173	8.6			112	5.6			
0.075	1.90	714	35.3			306	15.1			235	11.6			
0.100	2.54	70.307	918	45.4	48.0	68.3	469	23.2	20.0	28.4	316	15.7	14.0	19.9
0.125	3.17		1224	60.6			612	30.3			465	23.0		
0.150	3.81		1632	80.8			724	35.8			510	25.2		
0.200	5.08	105.460	1530	75.7	87.0	82.5	897	44.4	39.5	37.5	612	30.3	30.1	28.6
0.300	7.62		2141	106.0			969	48.0			918	45.4		
0.400	#####		2753	136.3			1530	75.7			1224	60.6		
0.500	#####		3004	148.7			1632	80.8			1326	65.6		



ROBIN ALFREDO VIGO ROJA  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 26423



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

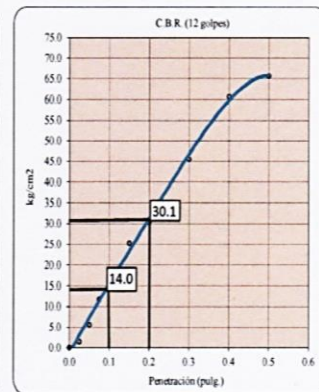
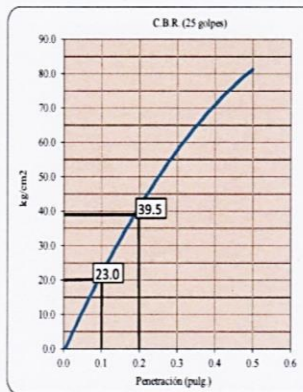
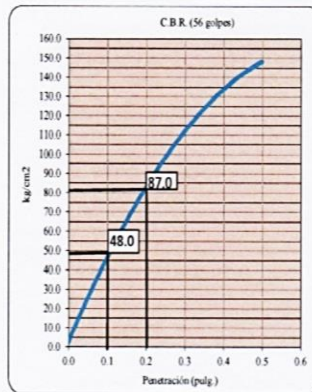
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:**  
Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:**  
Equipo CBR, cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado)
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

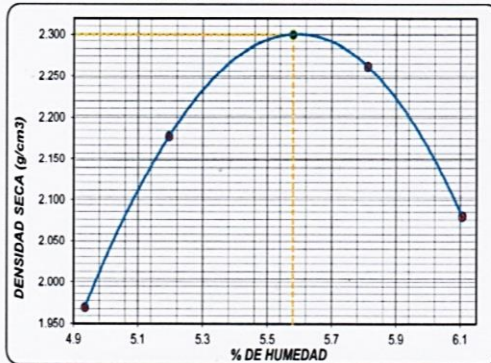
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca 2.300 g/cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad 5.5 %  
Máxima Densidad Seca al 95% 2.185 g/cm<sup>3</sup>



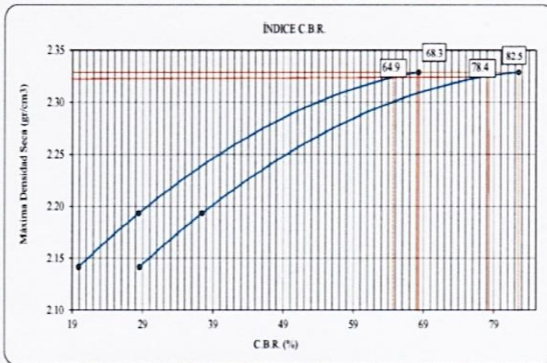
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 68.272 %      C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 28.447 %      C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 19.913 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 68.3 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 64.9 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 82.5 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 78.4 %



*Robín Alfredo Vico Rojas*  
**ROBIN ALFREDO VICO ROJAS**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

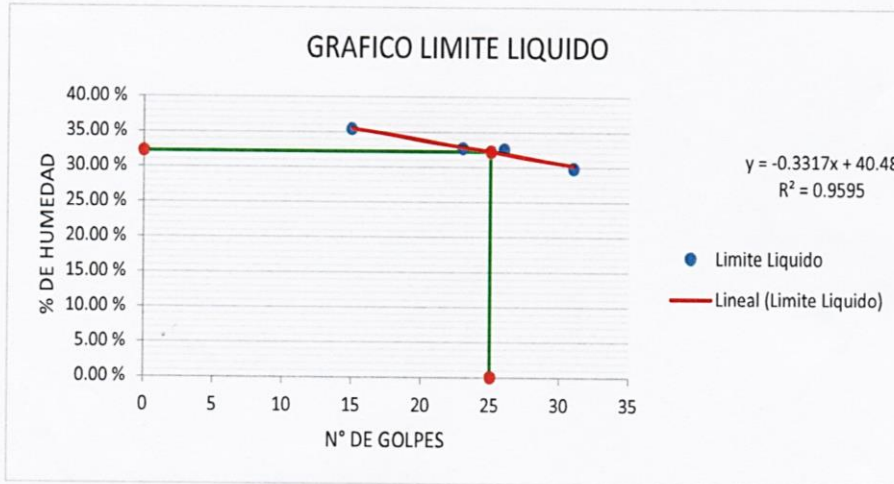
**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) + 1% de Aceite Residual

**5.- Calculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	Numero de golpes	15	23	26	31	M-01	M-02
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	32.396	25.384	25.599	28.705	3.645	3.644	5.005
Masa muestra seca (g) + tara(g):	26.163	20.912	21.042	23.835	3.210	3.211	4.293
Masa de tara (g):	8.546	7.230	7.030	7.506	1.218	1.241	1.181
Masa contenida de agua (g):	6.233	4.472	4.557	4.870	0.435	0.433	0.712
Masa suelos seco (g):	17.617	13.682	14.012	16.329	1.992	1.970	3.112
% de humedad:	35.38 %	32.69 %	32.52 %	29.82 %	21.84 %	21.98 %	22.88 %

**6.- Resultados:**



Limite Liquido (LL) :	<b>32.19 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>22.20 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>9.99 %</b>



*[Firma]*  
**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 115-2000, J. E. Bowles ( Experimento N° 9)
- 2.- **Objeto:**  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- 3.- **Materiales:**  
Molde de 6 pulgadas, Pisón ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tamices ó Mallas.- De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm), Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) + 1% de aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen del Molde (cm<sup>3</sup>)      2104.92  
Masa del Molde (g)              6154.00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,002	11,202	11,223	11,062
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,848	5,048	5,069	4,908
Masa Volumetrica Humeda	g	2.303	2.398	2.408	2.332
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	69.0	69.0	71.4	88.1
Masa Suelo Humedo + Tara	g	489.1	768.2	680.0	653.8
Masa Suelo Seco + Tara	g	473.2	738.0	647.4	618.7
Masa del agua	g	15.9	30.2	32.6	35.1
Masa del suelo seco	g	404	669	576	531
Contenido de agua	%	3.9	4.5	5.7	6.6
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.216	2.295	2.279	2.187

**6.- Resultados:**

**Densidad Máxima Seca:** 2.310 g/cm<sup>3</sup>.

**Contenido Humedad Optima:** 4.95 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



*Robín Alfredo Vigo Rojas*  
**ROBÍN ALFREDO VIGO ROJAS**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235





**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

UBICACIÓN:	SACRAFAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- Referencia:** ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- Materiales:** cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) + 1% de Aceite residual automotor
- Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde Nº	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,680	12,765	12,560	12,600	12,370	11,968
Masa molde (g)	7,554	7,554	7,518	7,518	7,525	7,514
Masa suelo compactado (g)	5,126	5,211	5,042	5,082	4,845	4,454
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2,383	2,422	2,344	2,363	2,252	2,071
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,275	2,303	2,232	2,239	2,152	1,965

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Masa de tara (g)	70.7	70.7	69.5	69.5	69.0	69.0
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	301.7	503.7	314.4	476.4	407.6	382.1
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	291.2	482.3	302.7	455.2	392.5	366.2
Masa del agua (g)	10.5	21.4	11.7	21.2	15.1	15.9
Masa de suelo seco (g)	220.5	411.6	233.2	385.7	323.5	297.2
Humedad (%)	4.8	5.2	5.0	5.5	4.7	5.3

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

**PENETRACIÓN**

Penetración		Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde Nº 2				Molde Nº 4				Molde Nº 1			
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg)	(mm)		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025	0.63		296	14.6			211	10.5			153	7.6		
0.050	1.27		491	24.3			408	20.2			214	10.6		
0.075	1.90		772	38.2			540	26.8			275	13.6		
0.100	2.54	70.307	1056	52.3	49.0	69.7	704	34.8	34.0	48.4	316	15.7	18.0	25.6
0.125	3.17		1290	63.9			846	41.9			408	20.2		
0.150	3.81		1433	71.0			959	47.5			540	26.8		
0.200	5.08	105.460	1863	92.2	91.0	86.3	1132	56.0	55.0	52.2	734	36.4	34.0	32.2
0.300	7.62		2481	122.8			1458	72.2			918	45.4		
0.400	10.16		3034	150.2			1764	87.3			1122	55.5		
0.500	12.70		3350	165.9			1866	92.4			1152	57.1		



*Robín Alfredo Vico Rojas*  
**ROBÍN ALFREDO VICO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

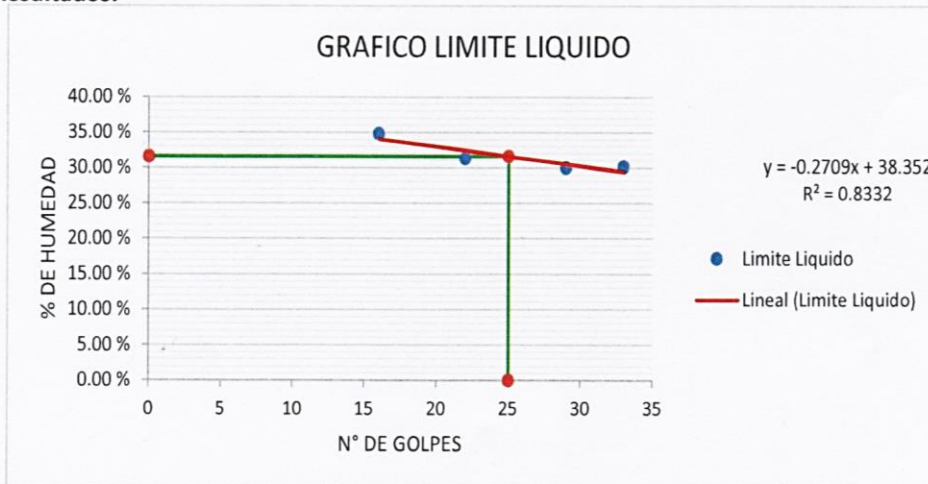
**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) + 2% de Aceite Residual

**5.- Calculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	Numero de golpes	16	22	29	33	M-01	M-02
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	32.523	32.667	32.103	30.330	3.294	3.830	3.950
Masa muestra seca (g) + tara(g):	26.074	26.909	26.292	24.925	2.931	3.350	3.440
Masa de tara (g):	7.546	8.542	6.927	7.000	1.237	1.222	1.221
Masa contenida de agua (g):	6.449	5.758	5.811	5.405	0.363	0.480	0.510
Masa suelos seco (g):	18.528	18.367	19.365	17.925	1.694	2.128	2.219
% de humedad:	34.81 %	31.35 %	30.01 %	30.15 %	21.43 %	22.56 %	22.98 %

**6.- Resultados:**



Limite Liquido (LL) :	<b>31.58 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>22.30 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>9.28 %</b>



*[Firma]*  
**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

UBICACIÓN:	SACRAFAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- Referencia: ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 115-2000, J. E. Bowles ( Experimento Nº 9)
- 2.- Objeto: Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- 3.- Materiales: Molde de 6 pulgadas, Pisón ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tamices ó Mallas.- De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y Nº 4 (4,75mm), Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.
- 4.- Descripción: Suelo Natural (Afirmado) + 2% de aceite residual automotor
- 5.- Cálculos:

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2104.92
Masa del Molde (g)	6154.00

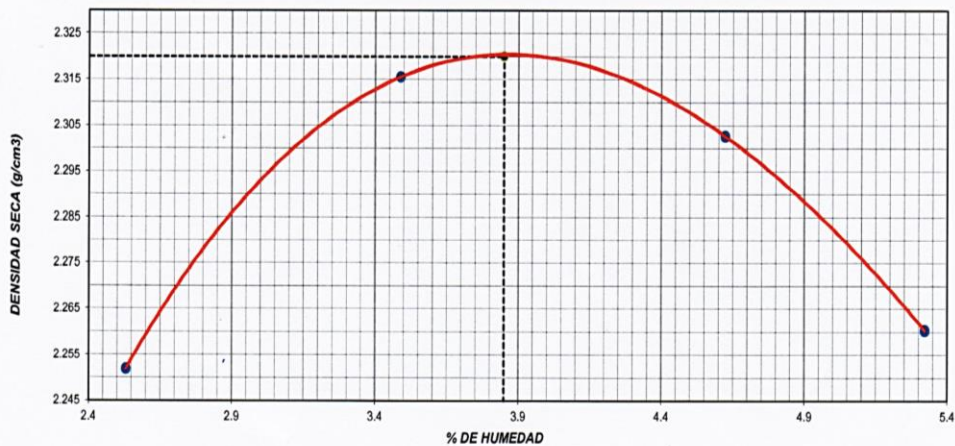
NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,014	11,198	11,225	11,165
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,860	5,044	5,071	5,011
Masa Volumetrica Humeda	g	2.309	2.396	2.409	2.381
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	71.4	69.0	88.1	69.0
Masa Suelo Humedo + Tara	g	476.5	745.3	712.6	789.4
Masa Suelo Seco + Tara	g	466.5	722.5	685.0	753.0
Masa del agua	g	10.0	22.8	27.6	36.4
Masa del suelo seco	g	395	654	597	684
Contenido de agua	%	2.5	3.5	4.6	5.3
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.252	2.316	2.303	2.260

6.- Resultados:

Densidad Máxima Seca: **2.320 g/cm<sup>3</sup>**

Contenido Humedad Optima: **3.85 %**

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



*Robín Alfredo Vigo Rojas*  
**ROBÍN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

UBICACIÓN:	SACRAFAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- Referencia: ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- Objeto: Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- Materiales: cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- Descripción: Suelo Natural (Afirmado) + 2% de Aceite residual automotor
- 5.- Cálculos:

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,680	12,778	12,420	12,598	12,280	12,306
Masa molde (g)	7,554	7,554	7,518	7,518	7,490	7,514
Masa suelo compactado (g)	5,126	5,224	4,902	5,080	4,790	4,792
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.383	2.429	2.279	2.362	2.227	2.228
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.278	2.325	2.170	2.244	1.996	2.107

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Masa de tara (g)	70.7	70.7	69.5	69.5	69.0	69.0
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	301.7	303.7	314.4	314.4	307.6	307.6
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	291.5	291.5	302.7	302.7	297.5	297.5
Masa del agua (g)	10.2	12.2	11.7	11.7	10.1	10.1
Masa de suelo seco (g)	220.8	220.8	220.8	220.8	220.8	220.8
Humedad (%)	4.6	5.5	5.3	5.3	4.6	4.6

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACIÓN															
Penetración		Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1				
(pulg)	(mm)		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección		
			kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	
0.025	0.63	70.307 <sup>2</sup>	433	21.5			290	14.4			198	9.8			
0.050	1.27		635	31.4			425	21.0			251	12.4			
0.075	1.90		902	44.7			553	27.4			352	17.4			
0.100	2.54		1147	56.8	56.0	79.7	760	37.6	38.0	54.0	432	21.4	23.0	32.7	
0.125	3.17		1308	64.7			942	46.6			522	25.9			
0.150	3.81		1554	77.0			1066	52.8			661	32.7			
0.200	5.08		105.460	2024	100.2	96.0	91.0	1267	62.7	61.0	57.8	800	39.6	39.0	37.0
0.300	7.62		2595	128.5			1351	66.9			966	47.8			
0.400	10.16		3084	152.7			1497	74.1			1083	53.6			
0.500	12.70		3356	166.2			1507	74.6			1138	56.3			



ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

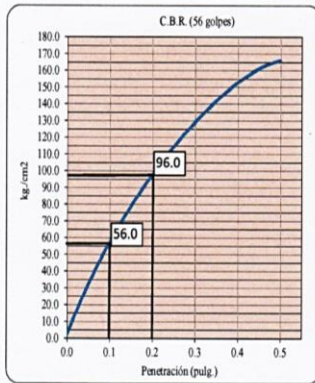
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:**  
Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:**  
cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) + 2% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

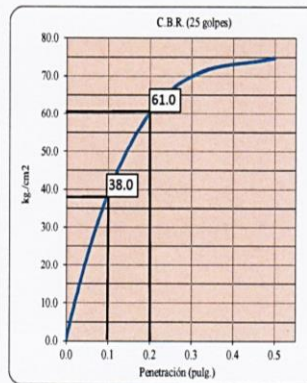
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

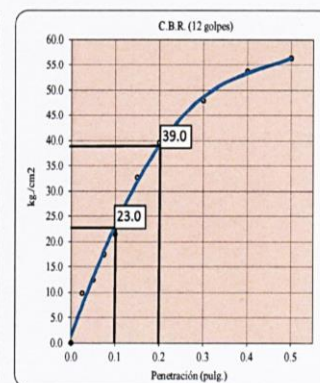
Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2.320 g/cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 3.9 %  
Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 2.204 g/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES: 79.651 %

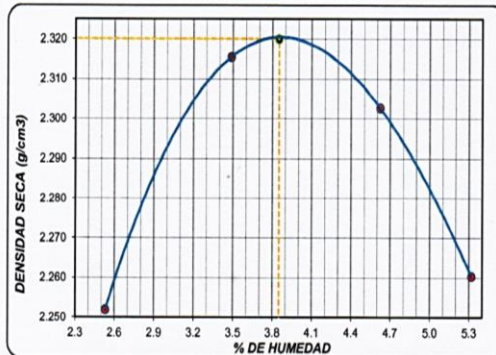


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES: 54.049 %



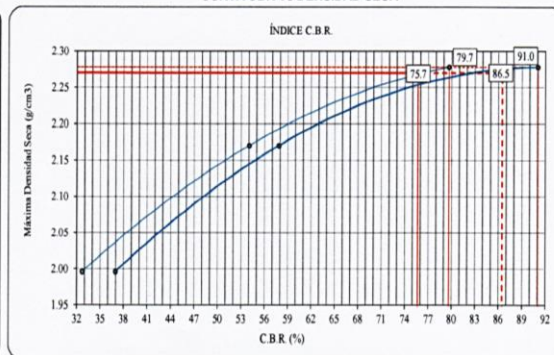
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES: 32.714 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1":	79.7 %
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1":	75.7 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2":	91.0 %
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2":	86.5 %



**ROBIN ALFREDO VIGOROLA**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

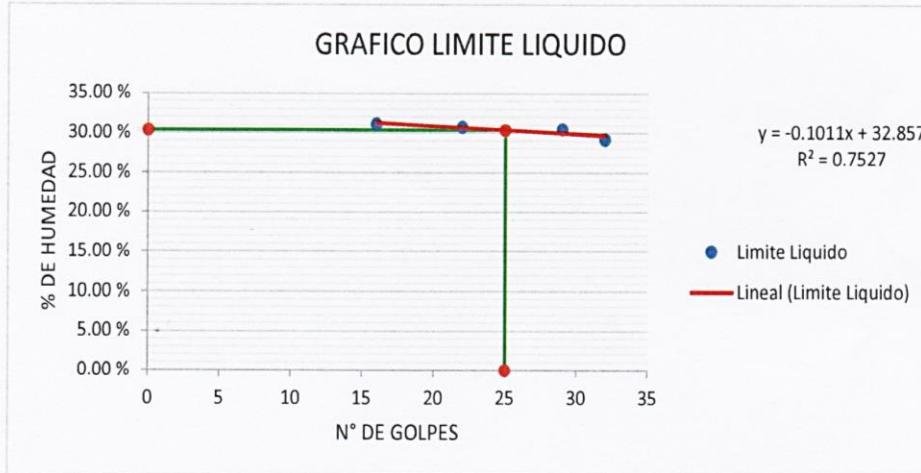
**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) + 3% de Aceite Residual

**5.- Calculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	Numero de golpes	16	22	29	32	M-01	M-02
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	23.843	22.297	24.636	25.123	4.414	2.203	2.160
Masa muestra seca (g) + tara(g):	19.952	18.730	20.554	21.124	4.117	2.008	1.978
Masa de tara (g):	7.438	7.114	7.151	7.411	2.852	1.212	1.215
Masa contenida de agua (g):	3.891	3.567	4.082	3.999	0.297	0.195	0.182
Masa suelos seco (g):	12.514	11.616	13.403	13.713	1.265	0.796	0.763
% de humedad:	31.09 %	30.71 %	30.46 %	29.16 %	23.48 %	24.50 %	23.85 %

**6.- Resultados:**



Limite Liquido (LL) :	<b>30.33 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>23.90 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>6.43 %</b>



*Robín Alfredo Vigo Rojas*  
**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264236



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

UBICACIÓN:	SACRAFAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

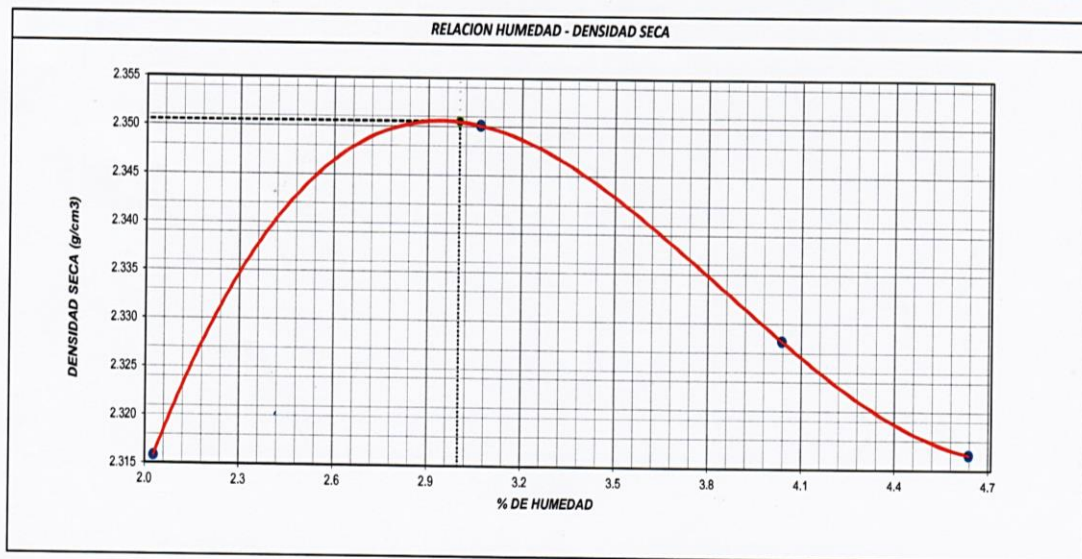
- Referencia:**  
ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 115-2000, J. E. Bowles ( Experimento N° 9)
- Objeto:**  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- Materiales:**  
Molde de 6 pulgadas, Pisón ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tamices ó Mallas.- De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm), Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.
- Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) + 3% de aceite residual automotor
- Calculos:**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2104.92
Masa del Molde (g)	6154.00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,125	11,250	11,250	11,254
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,971	5,096	5,096	5,100
Masa Volumetrica Humeda	g	2.362	2.421	2.421	2.423
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	69.0	71.5	88.2	63.8
Masa Suelo Humedo + Tara	g	440.2	722.0	688.0	531.1
Masa Suelo Seco + Tara	g	433.0	702.9	665.0	510.6
Masa del agua	g	7.2	19.1	23.0	20.5
Masa del suelo seco	g	364	631	577	447
Contenido de agua	%	2.0	3.0	4.0	4.6
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.316	2.350	2.328	2.317

Densidad Máxima Seca: **2.35 g/cm<sup>3</sup>**      Contenido Humedad Optima: **3.0 %**



*Robín Alfredo Vigo Rojas*  
**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

UBICACIÓN:	SACRAFAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- Referencia: ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- Objeto: Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- Materiales: cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- Descripción: Suelo Natural (Afirmado) + 3% de Aceite residual automotor
- 5.- Cálculos:

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde Nº	2		4		1	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Masa suelo + Masa molde (g)	12.500	12.694	12.603	12.995	11.880	12.212
Masa molde (g)	7.454	7.454	7.836	7.836	7.470	7.470
Masa suelo compactado (g)	5.046	5.240	4.767	5.159	4.410	4.742
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2.151	2.151	2.151	2.151	2.151	2.151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.346	2.436	2.216	2.398	2.050	2.204
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.271	2.306	2.150	2.286	1.991	2.083

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Molde Nº	2		4		1	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de tara (g)	68.9	68.9	71.5	71.5	88.1	88.1
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	411.1	667.1	323.7	584.3	416.7	552.8
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	400.2	635.2	316.2	560.2	407.2	527.2
Masa del agua (g)	10.9	31.9	7.5	24.1	9.5	25.6
Masa de suelo seco (g)	331.3	566.3	244.7	488.7	319.1	439.1
Humedad (%)	3.3	5.6	3.1	4.9	3.0	5.8

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde Nº 2				Molde Nº 4				Molde Nº 1				
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección		
			kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	
0.025	0.63		460	22.8				382	18.9			229	11.3		
0.050	1.27		757	37.5				503	24.9			293	14.5		
0.075	1.90		1069	52.9				625	31.0			354	17.5		
0.100	2.54	70.307	1260	62.4	63.0	89.6	731	36.2	40.0	56.9	444	22.0	24.0	34.1	
0.125	3.17		1425	70.6			859	42.5			560	27.7			
0.150	3.81		1780	88.1			1270	62.9			713	35.3			
0.200	5.08	105.460	2081	103.1	104.0	98.6	1554	76.9	73.0	69.2	851	42.1	41.0	38.9	
0.300	7.62		2800	138.6			1764	87.3			1075	53.2			
0.400	10.16		3074	152.2			1883	93.2			1172	58.1			
0.500	12.70		3278	162.3			2052	101.6			1272	63.0			



*[Firma]*  
**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. C.I.P. N° 264235





**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

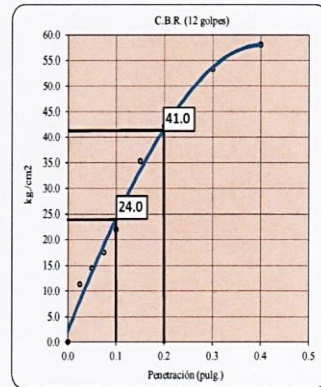
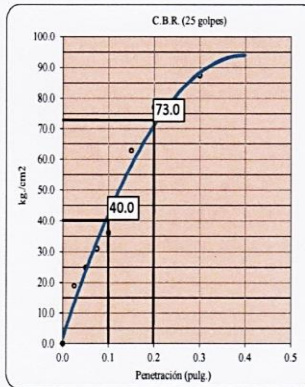
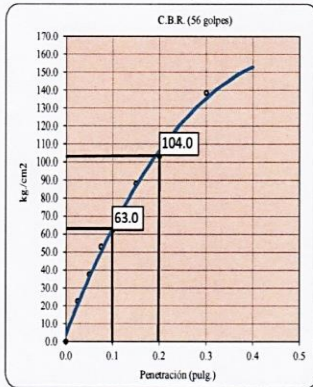
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- Referencia:** ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- Materiales:** cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) + 3% de Aceite residual automotor
- Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

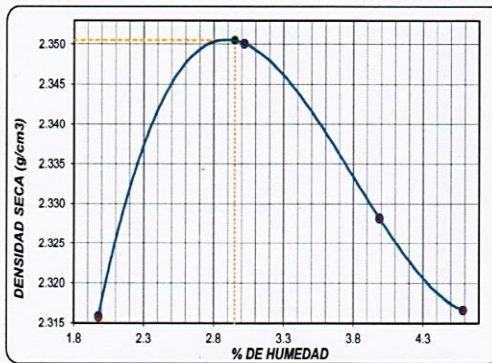
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca 2.351 g/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad 3.0 %  
Máxima Densidad Seca al 95% 2.233 g/cm<sup>3</sup>



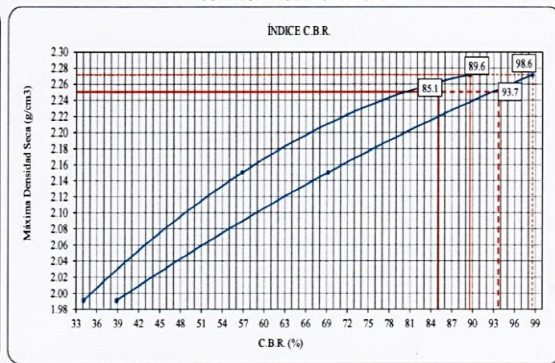
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 89.607 %      C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 56.893 %      C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 34.136 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1":	89.6 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1":	85.1 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2":	98.6 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2":	93.7 %



**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

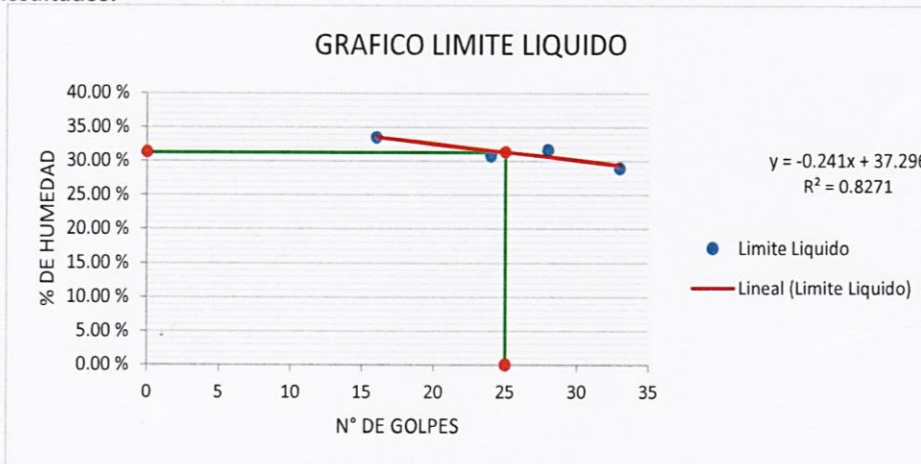
**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) + 4% de Aceite Residual

**5.- Calculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	Numero de golpes	16	24	28	33	M-01	M-02
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	34.299	34.581	35.407	36.524	2.110	2.664	2.283
Masa muestra seca (g) + tara(g):	27.508	28.193	28.670	29.985	1.941	2.392	2.083
Masa de tara (g):	7.238	7.446	7.371	7.372	1.200	1.178	1.195
Masa contenida de agua (g):	6.791	6.388	6.737	6.539	0.169	0.272	0.200
Masa suelos seco (g):	20.270	20.747	21.299	22.613	0.741	1.214	0.888
% de humedad:	33.50 %	30.79 %	31.63 %	28.92 %	22.81 %	22.41 %	22.52 %

**6.- Resultados:**



Limite Liquido (LL) :	<b>31.27 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>22.60 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>8.67 %</b>



*Robín Alfredo Vico*  
**ROBIN ALFREDO VICO**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 115-2000, J. E. Bowles ( Experimento N° 9)
- 2.- **Objeto:**  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- 3.- **Materiales:**  
Molde de 6 pulgadas, Pisón ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tamices ó Mallas.- De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm), Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) + 4% de aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2104.92
Masa del Molde (g)	6154.00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	10,990	11,075	11,175	11,085
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,836	4,921	5,021	4,931
Masa Volumetrica Humeda	g	2.297	2.338	2.385	2.343
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	72.0	71.4	70.1	68.0
Masa Suelo Humedo + Tara	g	768.4	756.2	722.4	774.6
Masa Suelo Seco + Tara	g	763.0	747.0	706.0	752.0
Masa del agua	g	5.4	9.2	16.4	22.6
Masa del suelo seco	g	691	676	636	684
Contenido de agua	%	0.8	1.4	2.6	3.3
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.280	2.306	2.325	2.268

- 6.- **Resultados:**  
**Densidad Máxima Seca:** 2.33 g/cm<sup>3</sup>.      **Contenido Humedad Optima:** 2.20 %



*Robín Alfredo Vigo Rojas*  
**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

UBICACIÓN:	SACRAFAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- Referencia:  
ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- Objeto:  
Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- Materiales:  
cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- Descripción:  
Suelo Natural (Afirmado) + 4% de Aceite residual automotor
- 5.- Cálculos:

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde Nº	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,680	12,668	12,300	12,598	11,900	12,306
Masa molde (g)	7,554	7,554	7,518	7,518	7,514	7,514
Masa suelo compactado (g)	5,126	5,114	4,782	5,080	4,386	4,792
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.383	2.377	2.223	2.362	2.039	2.228
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.278	2.276	2.117	2.244	1.828	2.107

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Masa de tara (g)	70.7	70.7	69.5	69.5	69.0	69.0
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	301.7	503.7	314.4	476.4	407.6	382.1
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	291.5	485.2	302.7	456.2	372.5	365.1
Masa del agua (g)	10.2	18.5	11.7	20.2	35.1	17.0
Masa de suelo seco (g)	220.8	414.5	233.2	386.7	303.5	296.1
Humedad (%)	4.6	4.5	5.0	5.2	11.6	5.7

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACIÓN														
Penetración		Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde Nº 2				Molde Nº 4				Molde Nº 1			
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg)	(mm)		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025	0.63		409	20.3			280	13.8			213	10.5		
0.050	1.27		661	32.7			413	20.5			289	14.3		
0.075	1.90		761	37.7			542	26.8			363	18.0		
0.100	2.54	70.307	1168	57.8	58.0	82.5	840	41.6	40.0	56.9	410	20.3	24.0	34.1
0.125	3.17		1372	67.9			953	47.2			553	27.4		
0.150	3.81		1678	83.1			1122	55.5			708	35.1		
0.200	5.08	105.460	2054	101.7	98.0	92.9	1336	66.1	62.0	58.8	841	41.7	40.0	37.9
0.300	7.62		2395	118.6			1353	67.0			943	46.7		
0.400	10.16		2902	143.7			1438	71.2			1056	52.3		
0.500	12.70		3003	148.7			1448	71.7			1060	52.5		



*Roberto Vico Rojas*  
**ROBERTO ALFREDO VICO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



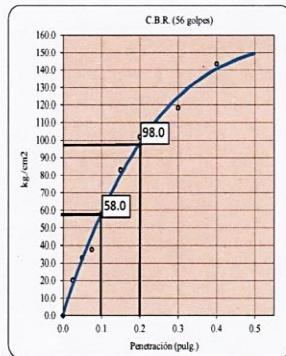
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

<b>PROYECTO:</b>	INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

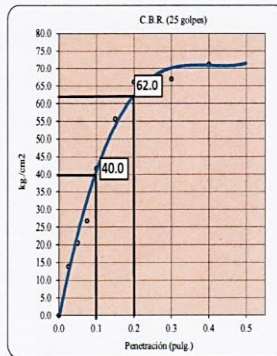
- 1.- **Referencia:**  
ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:**  
Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:**  
cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) + 4% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

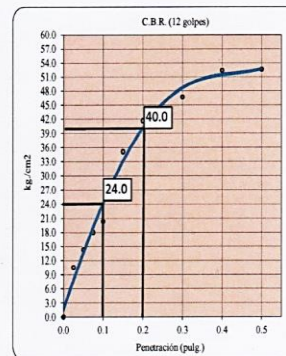
**Datos de muestra**  
Máxima Densidad Seca 2.331 g/cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad 2.2 %  
Máxima Densidad Seca al 95% 2.214 g/cm<sup>3</sup>



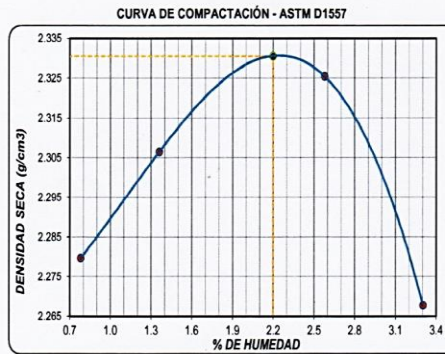
C.B.R. (0.1') 56 GOLPES : 82.495 %



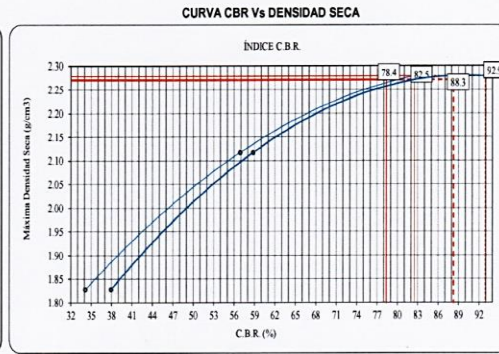
C.B.R. (0.1') 25 GOLPES : 56.893 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES : 34.136 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 82.5 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 78.4 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 92.9 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 88.3 %



*Robín Alfredo Vigo Rojas*  
**ROBÍN ALFREDO VIGO ROJAS**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235

**ENSAYOS DE  
LABORATORIO DEL  
MATERIAL AFIRMADO  
EN ESTADO NATURAL  
Y CON 1%, 2%,3%, 4%  
DE ACEITE RESIDUAL  
AUTOMOTOR  
(MUESTRA 02)**



**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2216, (Contenido de humedad por diferencia de masas)

**2.- Objeto:** Determinar el contenido de humedad del material de cantera

**3.- Materiales:** Balanza digital, bandejas, horno.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado)-M2

**5.- Cálculos:**

MUESTRA N°	1	SUELOS NATURAL			
N° ensayos		M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
Masa natural húmeda + bandeja (g)		676.3	652.6	788.0	607.5
Masa natural seca + bandeja (g)		666.8	644.3	778.6	598.8
Masa bandeja (g)		69.5	63.7	78.0	70.3

**6.- Resultados:**

N° ensayos	M- 01	M- 02	M- 03	M- 04
Masa húmeda (g)	606.8	588.9	710.0	597.2
Masa seca (g)	597.3	580.6	700.6	528.5
Masa del agua (g)	9.5	8.3	9.4	8.7
Contenido de humedad (%)	1.59 %	1.43 %	1.34 %	1.65 %

<b>PROMEDIO CONTENIDO HUMEDAD (%)</b>	<b>1.50 %</b>
---------------------------------------	---------------



*[Firma manuscrita]*  
**ROBIN ALFREDO VICO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**ANALISIS GRANULOMETRICO**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Tamices ASTM E-11, Test Sieve, Balanza digital, Casagrande, accesorios de Atterberg, homo, bandejas.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M2

**5.- Calculos:**

Datos en el momento del ensayo del Laboratorio:						
Masa de Bandeja:		0.00 g.	Masa de muestra lavada + tara:			3800.00 g.
GRANULOMETRÍA						Masa de Muestra lavada seca:
Cribas		Masa retenida (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado	3800.00 g.
Pulg.	mm					
3"	75.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	
2.1/2"	63.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	D <sub>60</sub> : 10.35
2"	50.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	D <sub>30</sub> : 4.02
1.1/2"	38.100	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	D <sub>10</sub> : 0.96
1"	25.000	375.13	9.91 %	9.91 %	90.09 %	
3/4"	19.000	285.13	7.53 %	17.44 %	82.56 %	Error mecánico <3%+
1/2"	12.500	601.53	15.89 %	33.32 %	66.68 %	13.45 g.
3/8"	9.500	352.63	9.31 %	42.64 %	57.36 %	0.35 %
1/4"	6.300	590.23	15.59 %	58.22 %	41.78 %	
# 04	4.750	281.63	7.44 %	65.66 %	34.34 %	
# 10	2.000	619.63	16.36 %	82.02 %	17.98 %	Dímetro Nominal de la partícula mayor
# 20	0.850	341.83	9.03 %	91.05 %	8.95 %	38.10
# 30	0.600	92.93	2.45 %	93.51 %	6.49 %	
# 40	0.425	80.83	2.13 %	95.64 %	4.36 %	
# 50	0.300	45.63	1.21 %	96.85 %	3.15 %	Coficiente Uniformidad
# 60	0.250	9.43	0.25 %	97.10 %	2.90 %	Cu: 10.81
# 100	0.150	31.33	0.83 %	97.92 %	2.08 %	
# 200	0.075	27.83	0.73 %	98.66 %	1.34 %	
Cazoleta:		50.83	1.34 %	100.00 %	0.00 %	
<b>TOTAL:</b>		<b>3786.55</b>	<b>100.00</b>			Coficiente Gradacion Cc: 1.63



*[Firma]*  
 RUBEN ALFREDO VIGU RUIAS  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264236





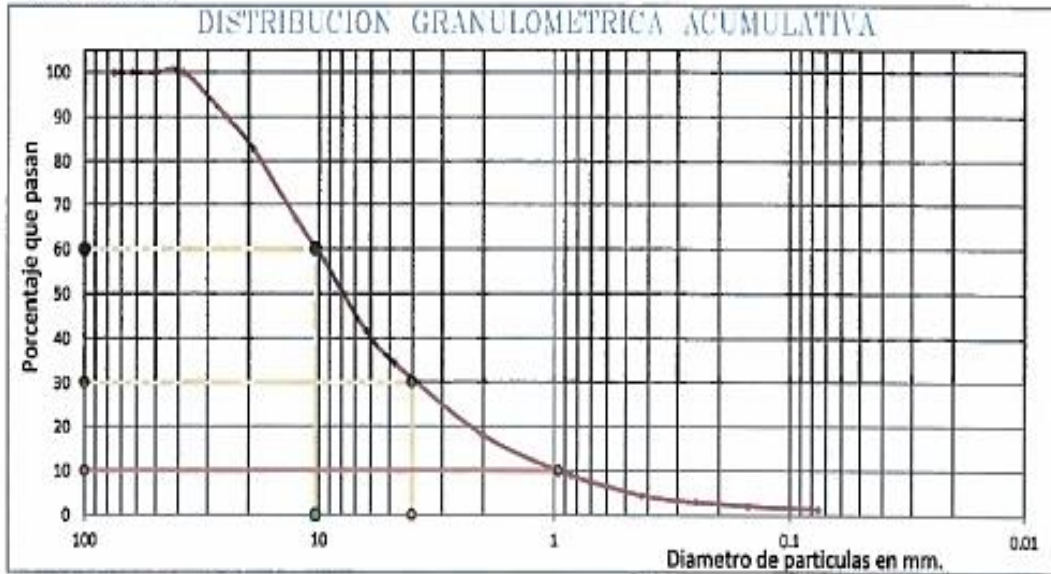
**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**6.- Resultados:**



Limite Liquido : (LL) 34.34%

Limite Plastico : (LP) 23.60%

Indice Plastico : (Ip) 10.74%

SIMBOLO DEL GRUPO SUCS	SIMBOLO DEL GRUPO AASHTO
<b>GW</b>	<b>A-1-a</b>
Grava bien graduadas	Fragmento de roca, grava y arena



*[Firma manuscrita]*  
**RODIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

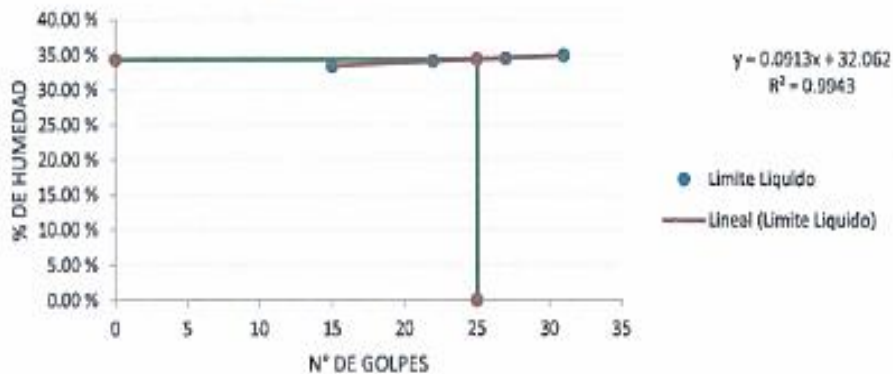
**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M2

**5.- Cálculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	15	22	27	31	M-01	M-02	M-03
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	32.322	32.798	33.231	30.810	2.613	2.692	2.730
Masa muestra seca (g) + tara(g):	26.177	26.331	26.884	24.826	2.349	2.415	2.424
Masa de tara (g):	7.786	7.381	8.472	7.684	1.225	1.177	1.192
Masa contenida de agua (g):	6.145	6.467	6.347	5.984	0.264	0.277	0.306
Masa suelos seco (g):	18.391	18.950	18.412	17.142	1.124	1.238	1.232
% de humedad:	33.41 %	34.13 %	34.47 %	34.91 %	23.49 %	22.37 %	24.84 %

**6.- Resultados:**

**GRAFICO LIMITE LIQUIDO**



Limite Liquido (LL) :	<b>34.34 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>23.60 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>10.74 %</b>



**ROBIN ALFREDO VICO ROSAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

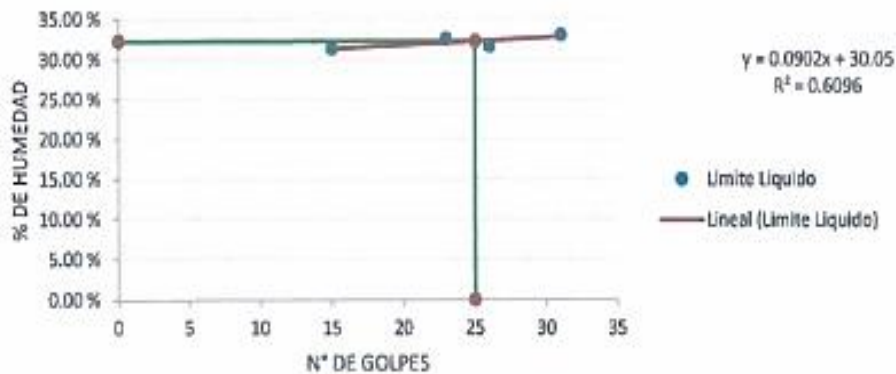
**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 1% de Aceite Residual

**5.- Cálculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	Numero de golpes	15	23	26	31	M-01	M-02
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	32.745	33.312	33.647	34.512	2.716	2.802	2.760
Masa muestra seca (g) + tara(g):	26.600	26.845	27.300	27.800	2.452	2.525	2.454
Masa de tara (g):	7.014	7.002	7.300	7.500	1.218	1.241	1.181
Masa contenida de agua (g):	6.145	6.467	6.347	6.712	0.264	0.277	0.306
Masa suelos seco (g):	19.586	19.843	20.000	20.300	1.234	1.284	1.273
% de humedad:	31.37 %	32.59 %	31.74 %	33.06 %	21.39 %	21.57 %	24.04 %

**6.- Resultados:**

**GRAFICO LIMITE LIQUIDO**



Limite Liquido (LL) :	<b>32.30 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>22.30 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>10.00 %</b>



*[Firma manuscrita]*  
**ROBÍN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA  
**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES  
**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

- ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)
- ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

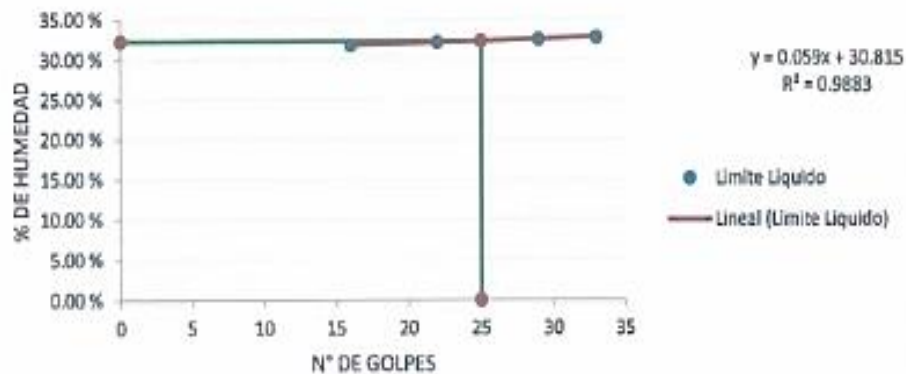
**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 2% de Aceite Residual

**5.- Calculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	16	22	29	33	M-01	M-02	M-03
Numero de golpes							
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	32.124	33.123	32.103	30.330	3.294	3.821	3.945
Masa muestra seca (g) + tara(g):	26.074	26.745	26.292	24.574	2.900	3.350	3.440
Masa de tara (g):	7.000	6.927	8.415	7.000	1.241	1.274	1.241
Masa contenida de agua (g):	6.050	6.378	5.811	5.756	0.394	0.471	0.505
Masa suelos seco (g):	19.074	19.818	17.877	17.574	1.659	2.076	2.199
% de humedad:	31.72 %	32.18 %	32.51 %	32.75 %	23.75 %	22.69 %	22.96 %

**6.- Resultados:**

GRAFICO LIMITE LIQUIDO



Limite Liquido (LL) :	32.29 %
Limite Plastico (LP) :	23.10 %
Indice Plastico (IP) :	9.19 %



*Roberto Vico Rojas*  
**ROBERTO ALFREDO VICO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

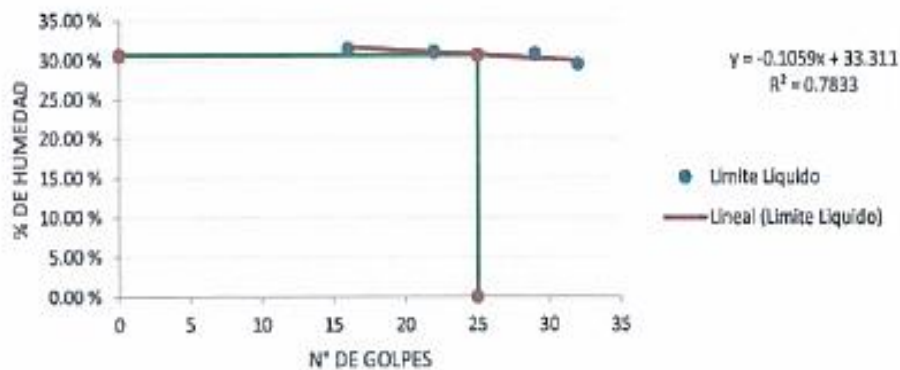
**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado)- M2 + 3% de Aceite Residual

**5.- Cálculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	16	22	29	32	M-01	M-02	M-03
Numero de golpes	16	22	29	32	M-01	M-02	M-03
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	23.698	22.155	24.513	24.975	4.394	2.202	2.145
Masa muestra seca (g) + tara(g):	19.807	18.588	20.431	20.976	4.097	2.007	1.964
Masa de tara (g):	7.438	7.114	7.151	7.411	2.852	1.212	1.215
Masa contenida de agua (g):	3.891	3.567	4.082	3.999	0.297	0.195	0.182
Masa suelos seco (g):	12.369	11.474	13.280	13.565	1.245	0.795	0.749
% de humedad:	31.46 %	31.09 %	30.74 %	29.48 %	23.86 %	24.53 %	24.29 %

**6.- Resultados:**

**GRAFICO LIMITE LIQUIDO**



Limite Liquido (LL) :	<b>30.66 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>24.20 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>6.46 %</b>



**ROBIN ALFREDO VILCO**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

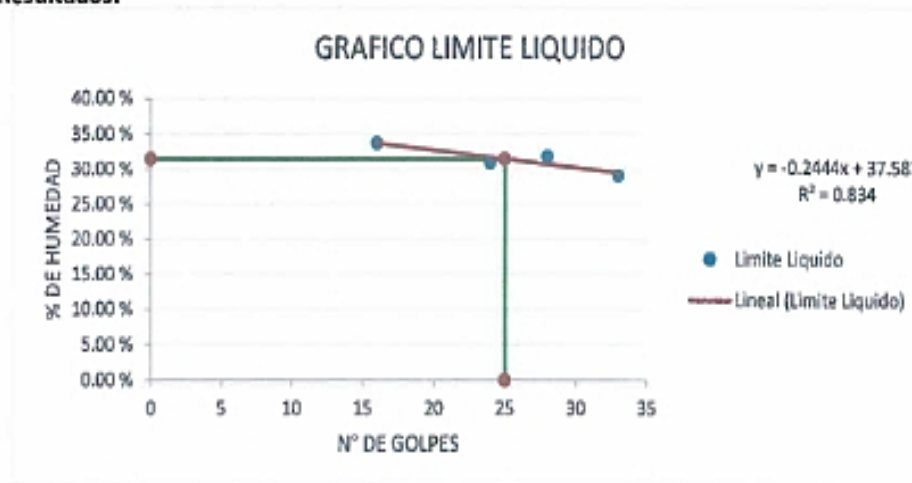
**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 4% de Aceite Residual

**5.- Cálculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	16	24	28	33	M-01	M-02	M-03
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	34.154	34.439	35.284	36.376	2.090	2.663	2.269
Masa muestra seca (g) + tara(g):	27.363	28.051	28.547	29.837	1.921	2.391	2.069
Masa de tara (g):	7.238	7.446	7.371	7.372	1.200	1.178	1.195
Masa contenida de agua (g):	6.791	6.388	6.737	6.539	0.169	0.272	0.200
Masa suelos seco (g):	20.125	20.605	21.176	22.465	0.721	1.213	0.874
% de humedad:	33.74 %	31.00 %	31.81 %	29.11 %	23.44 %	22.42 %	22.87 %

**6.- Resultados:**



Limite Liquido (LL) :	<b>31.48 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>22.90 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>8.58 %</b>



*[Firma manuscrita]*  
**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

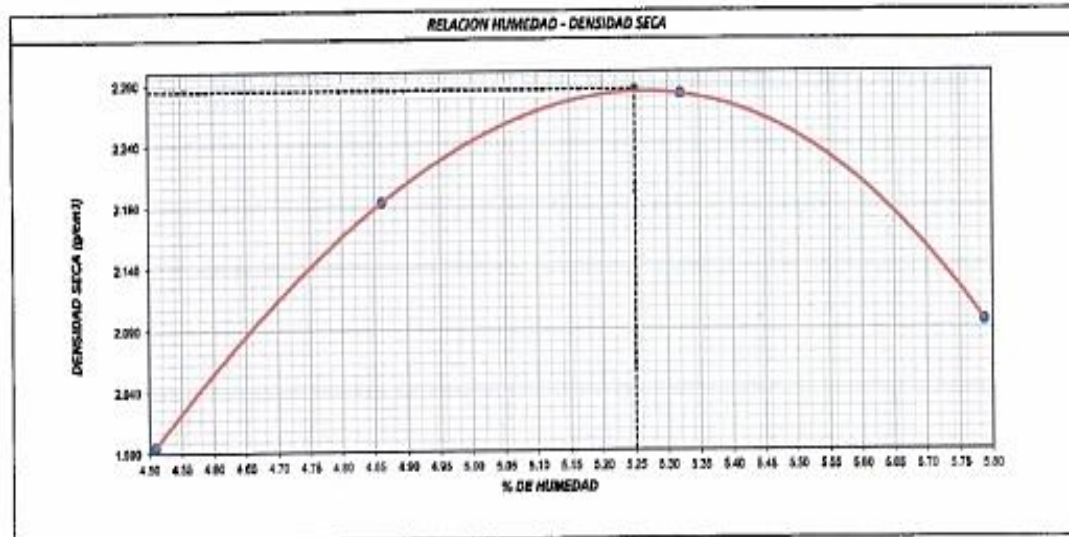
- 1.- **Referencia:**  
ASTM D-1557, ASTM D-1583 MTC E 115-2000, J. E. Bowles ( Experimento Nº 9)
- 2.- **Objeto:**  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 6 6 pulgadas
- 3.- **Materiales:**  
Molde de 6 pulgadas, Plón ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tamices ó Mallas.- De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y Nº 4 (4,75mm),  
Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, pala, espátula, botella de spray, etc.
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) - M2
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1583**

Volumen del Molde [cm <sup>3</sup> ]	2104.92
Masa del Molde [g]	6154.60

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	10,542	10,994	11,211	10,821
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,388	4,840	5,057	4,667
Masa Volumetrica Humeda	g	2,085	2,300	2,403	2,217
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	63.7	78.1	70.3	69.5
Masa Suelo Humedo + Tara	g	399.8	535.4	466.9	649.0
Masa Suelo Seco + Tara	g	385.3	514.2	389.9	617.3
Masa del agua	g	14.5	21.2	17.0	31.7
Masa del suelo seco	g	322	436	320	548
Contenido de agua	%	4.51	4.86	5.32	5.79
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	1.995	2.193	2.281	2.095

6.- **Resultados:**  
**Densidad Máxima Seca:** 2.285 g/cm<sup>3</sup>      **Contenido Humedad Óptimo:** 5.250 %



*[Signature]*  
**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 204230



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCO 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRA FAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- Referencia:** ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- Materiales:** Equipo CBR, cuarteador, mezclador, cisternas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M2
- Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	2		4		1	
	5	10	5	10	5	10
Número de capas	3		3		3	
Número de golpes	56		25		10	
Condiciones de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	13,007	13,094	12,772	12,822	12,694	12,638
Masa molde (g)	7,528	7,528	7,528	7,528	7,528	7,528
Masa suelo compactado (g)	5,522	5,566	5,234	5,294	5,116	5,170
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.562</b>	<b>2.589</b>	<b>2.429</b>	<b>2.470</b>	<b>2.378</b>	<b>2.400</b>
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.401</b>	<b>2.461</b>	<b>2.323</b>	<b>2.332</b>	<b>2.273</b>	<b>2.279</b>

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Masa de tara (g)	54.4	54.4	78.0	78.0	61.7	61.7
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	246.3	609.0	445.4	493.7	367.0	554.3
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	234.8	581.9	429.5	415.8	354.2	527.0
Masa del agua (g)	11.5	27.1	15.9	16.9	13.4	27.3
Masa de suelo seco (g)	280.4	527.5	351.5	355.8	290.5	453.3
Humedad (%)	4.1	5.1	4.5	5.0	4.6	5.9

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

**PENETRACIÓN**

Penetración (pas/g) (mm)		Carga Standard (kN/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
			kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025	0.83		432	26.6			73	3.6			55	2.7		
0.050	1.27		436	26.5			100	5.2			137	6.5		
0.075	1.90		440	26.4			118	5.8			159	7.6		
0.100	2.54	76.207	1044	51.7	49.0	<b>69.7</b>	462	28.8	22.0	<b>81.3</b>	311	16.9	15.0	<b>23.8</b>
0.125	3.17		1350	66.0			524	26.0			489	24.2		
0.150	3.81		1758	87.0			716	36.5			534	26.5		
0.200	5.08	105.480	1650	82.0	88.0	<b>63.4</b>	610	28.0	43.0	<b>87.9</b>	636	31.5	31.0	<b>26.4</b>
0.300	7.62		2200	112.3			983	49.6			942	46.7		
0.400	10.16		2880	142.0			1542	76.3			1248	61.3		
0.500	12.70		3130	155.0			1644	81.4			1350	66.8		



*Robín Alredo Higo Rojas*  
**ROBIN ALFREDO HIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235





**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

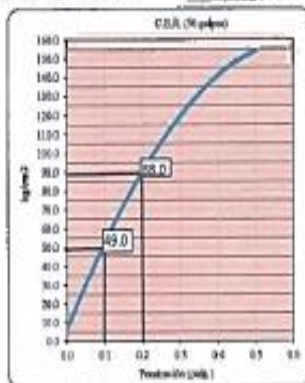
PROYECTO:	INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023
UBICACIÓN:	SACRAFAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- Referencia: ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- Objeto: Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- Materiales: Equipo CBR, cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- Descripción: Suelo Natural (Afirmado) - M2
- 5.- Cálculos:

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

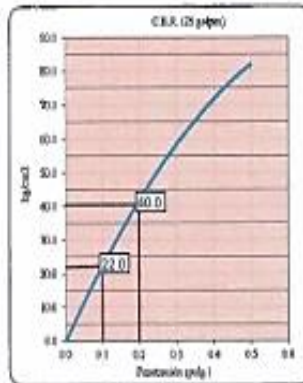
**Datos de materia**

Máxima Densidad Seca  $\rho_{dmax}$  2.285 g/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad 5.3 %  
Máxima Densidad Seca al 95%  $\rho_{d95}$  2.121 g/cm<sup>3</sup>



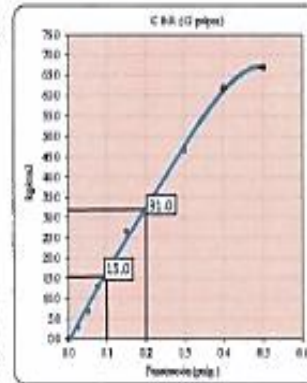
C.B.R. (0.1') 56 GOLPES:

08.064 %



C.B.R. (0.1') 25 GOLPES:

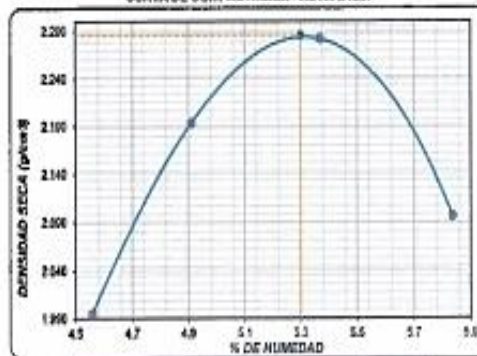
31.281 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES:

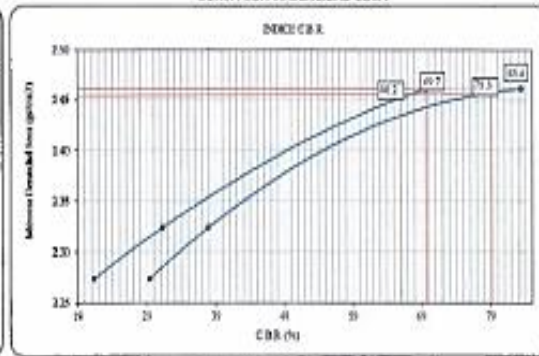
21.356 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1': **66.7 %**  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1': **49.3 %**

**CURVA CBR vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": **63.4 %**  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": **79.3 %**



*Roberto V. V.*  
**ROBERTO V. V.**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRÉS ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-LINNEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D-1557, ASTM D-1585 MTC E 115-2000, J. E. Bowles ( Experimento Nº 9)
- 2.- **Objeto:**  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- 3.- **Materiales:**  
Molde de 6 pulgadas, Plán o Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Termos ó Mallas.- De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y Nº 4 (4,75mm), Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 1% de aceite residual automotor
- 5.- **Cálculos:**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1585**

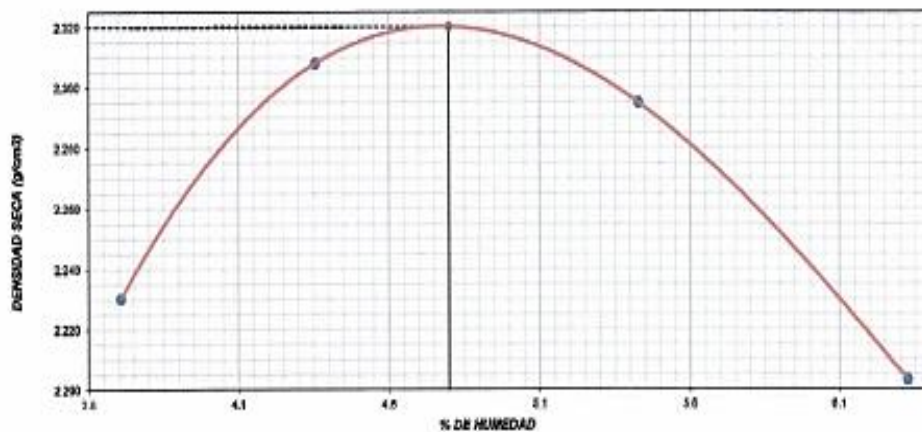
Volumen del Molde (cm<sup>3</sup>)      2104.92  
Masa del Molde (g)              6154.00

NÚMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,022	11,223	11,246	11,085
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,868	5,069	5,092	4,931
Masa Volumétrica Humeda	g	2,313	2,408	2,419	2,342
Recipiente Número		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	69.0	69.0	71.4	88.1
Masa Suelo Humedo + Tara	g	513.9	792.3	704.6	678.2
Masa Suelo Seco + Tara	g	498.0	762.1	672.0	643.1
Masa del agua	g	15.9	30.2	32.6	35.1
Masa del suelo seco	g	429	693	601	555
Contenido de agua	%	3.7	4.4	5.4	6.3
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.230	2.308	2.295	2.203

**6.- Resultados:**

**Densidad Máxima Seca:** 2.320 g/cm<sup>3</sup>      **Contenido Humedad Óptima:** 4.80 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



*Robín Alredo Vico Rojas*  
**ROBÍN ALFREDO VICO ROJAS**  
Ingeniero Civil  
**Reg CIP N° 284235**



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SAGRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRA/FAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA RCA-LINHEVAL

- 1.- Referencia: ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- Objeto: Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- Materiales: cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- Descripción: Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 1% de Aceite residual automotor
- 5.- Cálculos:

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

**CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

	Molde #1		Molde #2		Molde #3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde (l)	3	3	6	6	1	1
Número de capas	5	5	6	6	3	3
Número de golpes	56	56	25	25	10	10
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,464	13,059	17,830	17,876	12,644	12,742
Masa molde (g)	7,638	7,828	7,762	7,792	7,286	7,286
Masa suelo compactado (g)	5,826	5,231	10,068	10,084	4,958	4,456
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	3,151	3,151	3,151	3,151	3,151	3,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2,889</b>	2,432	<b>3,844</b>	3,868	<b>2,942</b>	2,971
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2,287</b>	2,312	<b>2,244</b>	2,248	<b>2,180</b>	2,074

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	Molde #1	Molde #2	Molde #3	Molde #4	Molde #5	Molde #6
Masa de tara (g)	70,7	70,7	60,5	60,5	60,5	60,6
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	330,4	332,4	343,1	305,1	416,3	410,8
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	319,9	313,0	331,4	283,9	401,2	394,9
Masa del agua (g)	10,5	19,4	11,7	21,2	15,1	15,9
Masa de suelo seco (g)	249,2	402,2	261,9	434,4	362,2	326,9
Humedad (%)	<b>4,2</b>	4,9	<b>4,5</b>	5,1	<b>4,3</b>	4,9

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo hr	Dial 0,01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg)	(mm)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
			kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0,925	0,64		245	12,1						279	13,8			
0,950	1,27		342	26,8						214	10,6			
0,975	1,90		323	40,7						275	13,6			
0,990	2,54	79,367	1107	54,0	50,0	<b>71,1</b>				316	15,7	35,0	27,0	
0,925	3,17		1243	60,4						408	20,2			
0,950	3,81		1434	70,5						340	16,8			
0,990	5,08	305,600	2014	96,8	90,0	<b>85,2</b>				734	36,4	34,5	<b>32,7</b>	
0,990	7,62		2532	125,4						918	45,4			
0,990	10,16		3065	151,7						1122	55,5			
0,990	12,70		3441	168,6						1152	57,1			



*Roberto Freyre*  
**ROBERTO FREYRE**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

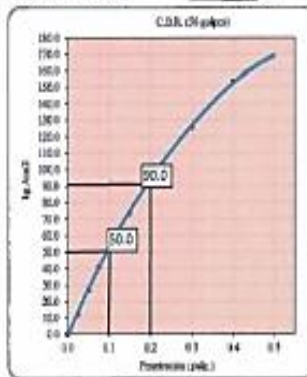
<b>PROYECTO:</b>	INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CAMBINA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BAÑ. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1- **Referencia:**  
ASTM D1583: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2- **Objeto:**  
Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3- **Materiales:**  
cuarteado, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 1% de Aceite residual automotor
- 5- **Calculos:**

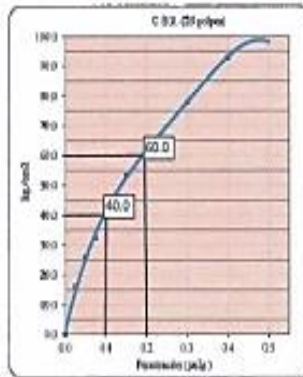
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1583**

**Datos de muestra**

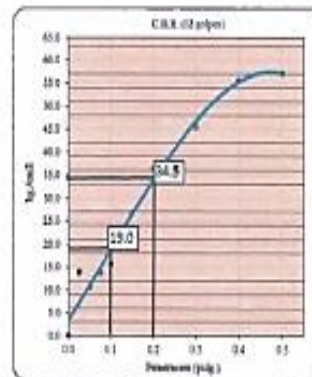
Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2.220 g/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 4.80 %  
Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 2.204 g/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1) 56 GOLPES :                      71.117 %



C.B.R. (0.1) 25 GOLPES :                      40.359 %



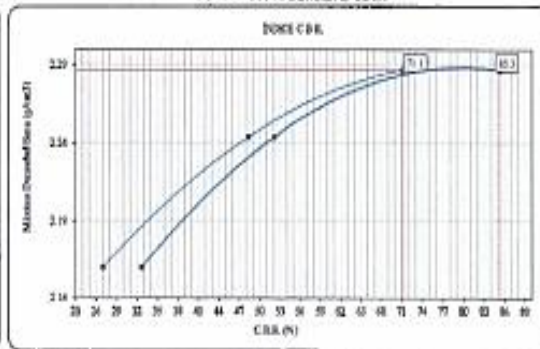
C.B.R. (0.1) 12 GOLPES :                      27.024 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1":                      71.1 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1":                      67.5 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1":                      71.1 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1":                      67.5 %



*Roberto Ledo Vigo Rojas*  
**ROBERTO LEDO VIGO ROJAS**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

UBICACIÓN:	SACRAFAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- Referencia:  
ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC # 115-2000, J. E. Bowles ( Experimento Nº 9)
- 2.- Objeto:  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- 3.- Materiales:  
Molde de 6 pulgadas, Pistón ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tamicos ó Mallas.- De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y Nº 4 (4,75mm), Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.
- 4.- Descripción:  
Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 2% de aceite residual automotor
- 5.- Cálculos:

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2104.02
Masa del Molde (g)	6154.00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,034	11,219	11,248	11,188
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,880	5,065	5,094	5,034
Masa Volumetrica Humeda	g	2,319	2,405	2,420	2,391
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	71.4	69.0	68.1	69.0
Masa Suelo Humedo + Tara	g	501.3	469.4	477.2	473.8
Masa Suelo Seco + Tara	g	481.3	446.6	439.6	437.4
Masa del agua	g	20.0	22.8	27.6	36.4
Masa del suelo seco	g	420	678	621	708
Contenido de agua	%	2.4	3.4	4.4	5.1
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.265	2.328	2.317	2.274

**6.- Resultados:**

**Densidad Máxima Seca:** 2.333 g/cm<sup>3</sup>      **Contenido Humedad Óptima:** 3.75 %



*[Signature]*  
**ROBIN ALFREDO VIGARÍAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SAONA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. INS KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHUEVAL

- Referencia:** ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmada.
- Materiales:** cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 2% de Aceite residual automotor
- Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde Nº	2		4		8	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	55		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12.054	13.052	12.034	12.072	12.534	12.580
Masa molde (g)	7.554	7.534	7.518	7.518	7.690	7.534
Masa suelo compactada (g)	5.430	5.496	5.376	5.354	5.064	5.066
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2.151	2.151	2.151	2.151	2.151	2.151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.530</b>	<b>2.556</b>	<b>2.466</b>	<b>2.489</b>	<b>2.354</b>	<b>2.355</b>
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.412	2.454	2.303	2.374	2.129	2.138

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Masa de tara (g)	70.7	70.7	69.5	69.5	69.0	69.0
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	336.5	332.5	345.7	345.2	436.4	430.9
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	328.3	334.0	341.5	345.0	431.3	361.4
Masa del agua (g)	10.2	18.5	14.2	20.2	36.1	17.0
Masa de suelo seco (g)	345.6	343.3	352.0	415.5	332.3	324.5
Humedad (%)	4.1	4.2	4.5	4.9	10.6	5.2

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Separación		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde Nº 2				Molde Nº 4				Molde Nº 8			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025	0.63	495	24.7			347	17.2			247	12.2		
0.050	1.27	701	34.7			481	23.6			299	14.6		
0.075	1.90	958	47.9			604	30.3			401	19.9		
0.100	2.54	1213	60.8	56.0	<b>32.5</b>	827	40.4	40.0	<b>56.9</b>	481	23.6	26.0	<b>37.0</b>
0.125	3.17	1574	80.0			988	49.4			571	28.3		
0.150	3.81	1929	96.3			1175	58.1			710	35.1		
0.200	5.08	2590	128.5	96.0	<b>32.9</b>	1323	65.5	64.0	<b>63.7</b>	849	42.0	43.0	<b>36.9</b>
0.300	7.62	3951	195.8			1427	70.7			1015	50.3		
0.400	10.16	5292	262.7			1594	79.6			1120	56.0		
0.500	12.70	6633	330.5			1752	86.8			1186	58.7		



*Roberto...*  
**ROBERTO ALFREDO VICO ROMAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264236



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

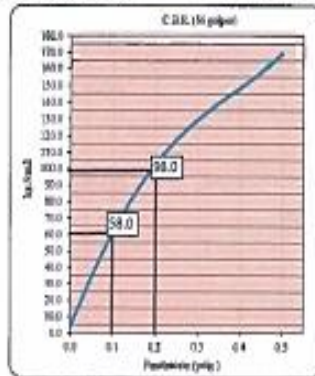
<b>PROYECTO:</b>	INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASO 2023
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRA FAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNIHEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:**  
Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:**  
cuerpeador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) + M2 + 2% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

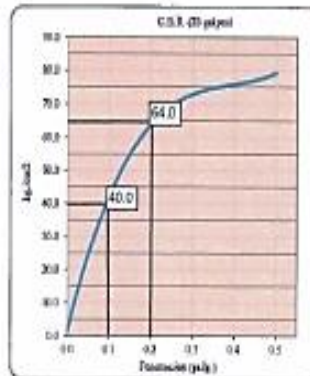
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

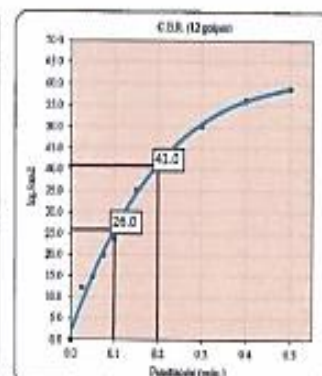
Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2.332 g/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 3.8 %  
Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 2.218 g/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES: 82.495 %

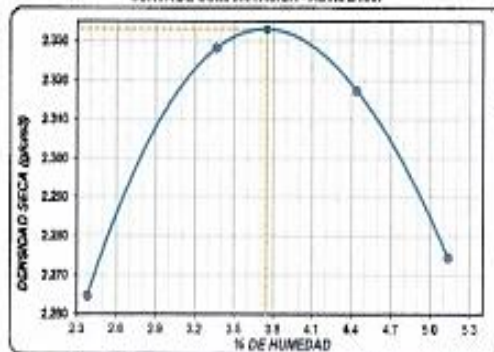


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES: 56.000 %



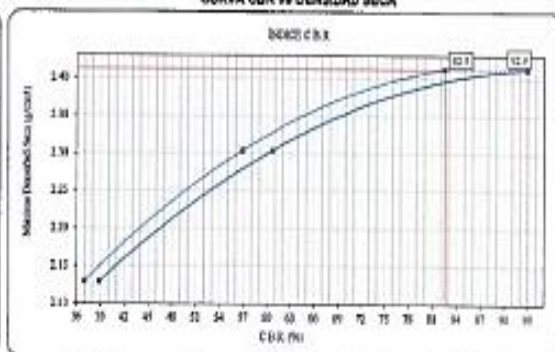
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES: 36.000 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 82.6 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 79.4 %

**CURVA CBR vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 82.9 %  
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 80.3 %



*Kevin Edson Campos Benavides*  
**KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

UBICACIÓN:	SACRAFAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING. RÉVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- Referencia:** ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 115-2000, J. E. Bowles ( Experimento N° 9)
- Objeto:** Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Píso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas  
Molde de 6 pulgadas, Pistón ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tamices ó Mallas- De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm),
- Materiales:** Herramientas de Medida, cucharas, mezclador, pala, espátula, botella de spray, etc
- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 3% de aceite residual automotor
- Calculo:**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volamen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2104.92
Masa del Molde (g)	6154.00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,145	15,271	11,273	11,277
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,991	5,117	5,119	5,123
Masa Volumetrica Humeda	g	2,371	2,431	2,432	2,424
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	69.0	71.5	88.2	83.8
Masa Suelo Humedo + Tara	g	465.0	746.1	712.6	595.5
Masa Suelo Seco + Tara	g	457.8	727.1	689.6	595.0
Masa del agua	g	7.2	19.1	23.0	20.5
Masa del suelo seco	g	389	656	601	471
Contenido de agua	%	1.9	2.9	3.8	4.4
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.328	2.363	2.343	2.331

Densidad Máxima Seca:	2.363 g/cm <sup>3</sup> .	Contenido Humedad Óptima:	2.8 %
-----------------------	---------------------------	---------------------------	-------



*Robín Alfredo Pico*  
**ROBIN ALFREDO PICO RO.**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 284235





**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRÉS ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:**  
Determinar el índice de resistencia de suelos que se utilice para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:**  
cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 3% de Aceite residual automotor
- 5.- **Cálculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

**CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde Nº	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,774	12,968	12,877	13,203	12,154	12,486
Masa molde (g)	7,454	7,454	7,836	7,836	7,470	7,470
Masa suelo compactada (g)	5,320	5,514	5,041	5,403	4,684	5,016
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2,473	2,563	2,345	2,526	2,178	2,332
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,400	2,433	2,281	2,415	2,120	2,231

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Masa de tara (g)	68.0	68.0	71.5	68.0	68.1
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	430.8	435.8	452.4	454.0	448.5
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	428.0	433.3	444.0	448.9	445.0
Masa del agua (g)	12.8	12.5	7.5	24.1	9.5
Masa de suelo seco (g)	390.0	395.0	373.4	417.4	397.8
Humedad (%)	3.0	3.4	2.7	4.3	2.7

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo hr	Dial 0.01"	Deformación		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%			
<b>NO EXPANSIVO</b>											

**PENETRACIÓN**

Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde Nº 2				Molde Nº 4				Molde Nº 1				
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección		
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	
0.025	0.63	51.8	25.4			48.8	21.4			272	82.5			
0.050	1.27	80.6	40.3			55.3	27.4			202	64.5			
0.075	1.90	1122	55.5			67.6	30.5			254	77.5			
0.100	2.54	70,307	131.2	63.0	68.2	78.1	36.7	44.0	62.8	441	22.0	24.0	34.5	
0.125	3.17		147.7	73.1		80.6	45.0			540	27.7			
0.150	3.81		183.2	90.7		112.1	65.4			713	35.3			
0.200	5.09	185,460	21.84	105.7	182.0	96.7	1604	79.4	75.0	75.4	85.1	48.1	41.0	58.9
0.300	7.62		285.2	142.2			1815	88.9			1675	58.2		
0.400	10.15		312.7	154.8			1934	95.7			1172	58.1		
0.500	12.70		333.0	164.9			2101	104.1			1272	63.0		



*Robín Alfredo Vigo Rojas*  
**ROBÍN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP N° 284235



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

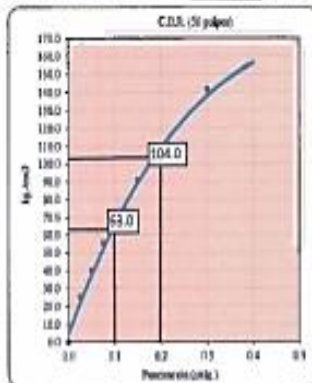
<b>PROYECTO:</b>	INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANITA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCO 2023
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANtera TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:**  
Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:**  
cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 2% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

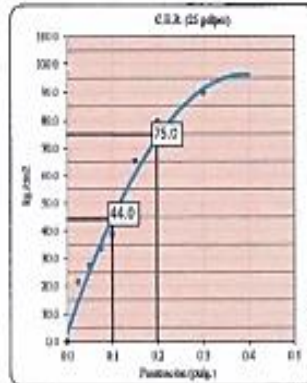
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca 2.360 g/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad 2.8 %  
Máxima Densidad Seca al 95% 2.245 g/cm<sup>3</sup>



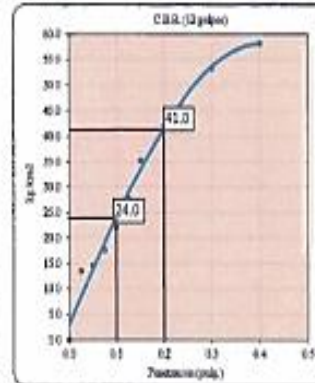
CBR (0.1) 56 GOLPES:

81.05 %



CBR (0.1) 25 GOLPES:

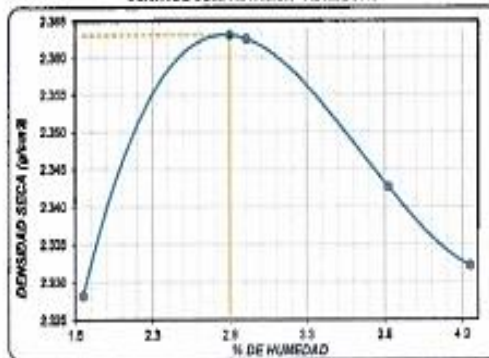
62.565 %



CBR (0.1) 12 GOLPES:

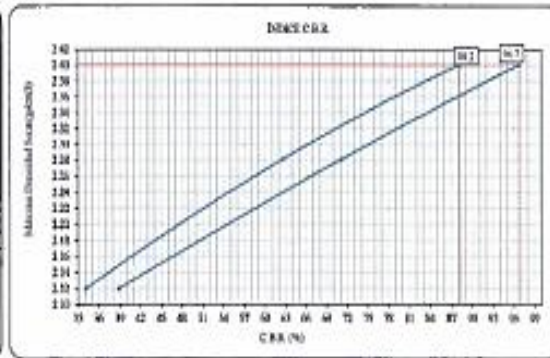
34.136 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



CBR (100% M.D.S.) 0.1": 88.2 %  
CBR ( 95% M.D.S.) 0.1": 83.8 %

**CURVA CBR vs DENSIDAD SECA**



CBR (100% M.D.S.) 0.2": 98.7 %  
CBR ( 95% M.D.S.) 0.2": 91.9 %



*Roberto*  
**ROBERTO ALFREDO VIGO ROJAS**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FCA-UMHVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 115-2000, J. E. Bowles (Experimento Nº 9)
- 2.- **Objeto:**  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Poro Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- 3.- **Materiales:**  
Molde de 6 pulgadas, Placa o Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tomices o Mallas - De ¼ pulg (20,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y Nº 4 (4,75mm), Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 2% de aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volúmenes del Molde (cm <sup>3</sup> )	2104.92
Masa del Molde (g)	6154.00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,010	11,016	11,158	11,168
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,856	4,942	5,044	4,954
Masa Volumetrica Humeda	g	2,307	2,348	2,397	2,353
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	72.0	71.4	70.1	68.0
Masa Suelo Humedo + Tara	g	793.2	780.3	747.0	759.0
Masa Suelo Seco + Tara	g	787.8	771.1	730.6	776.4
Masa del agua	g	5.4	9.2	16.4	22.6
Masa del suelo seco	g	716	700	680	708
Contenido de agua	%	0.8	1.3	2.5	3.2
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.290	2.318	2.338	2.281

6.- **Resultados:**  
**Densidad Máxima Seca:** 2.34 g/cm<sup>3</sup>      **Contenido Humedo/ Optimo:** 2.15 %



*Robín Alfredo Vigo Rojas*  
**ROBÍN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264239



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

UBICACIÓN:	SACRA FAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- Referencia:** ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- Materiales:** cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M2 + 2% de Aceite residual automotor
- Cálculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde #1	2		4		5	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	50		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,054	12,042	12,576	12,872	12,374	12,580
Masa molde (g)	7,554	7,554	7,539	7,538	7,514	7,514
Masa suelo compactado (g)	5,400	5,380	5,056	5,354	4,860	5,066
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,351	2,351	2,351	2,351	2,351	2,351
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2,510</b>	<b>2,508</b>	<b>2,359</b>	<b>2,489</b>	<b>2,144</b>	<b>2,359</b>
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,412	2,404	2,250	2,374	1,959	2,208

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Masa de agua (g)	70,7	70,7	49,5	69,5	69,0	66,0
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	330,3	333,5	444,3	505,3	406,4	410,9
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	320,3	324,0	395,6	435,8	337,3	343,9
Masa del agua (g)	10,2	10,5	11,7	20,7	15,3	17,0
Masa de suelo seco (g)	309,9	313,5	383,9	415,1	322,0	326,9
Humedad (%)	4,1	4,2	4,5	4,9	3,6	5,2

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Diel 0,02"	Expansión		Diel	Expansión		Diel	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

PENETRACIÓN														
Penetración		Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 5			
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(mm)	(mm)	(kg/cm <sup>2</sup> )	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0,025	0,63		475	23,5			356	18,8			261	12,9		
0,050	1,27		707	36,0			470	23,9			338	16,7		
0,075	1,90		827	43,0			598	29,6			431	20,4		
0,100	2,54	70,307	1234	61,1	60,0	81,5	996	44,4	43,0	61,2	459	22,7	26,0	97,0
0,125	3,17		1438	71,2			1009	50,0			603	29,8		
0,150	3,81		1744	86,4			1378	68,3			757	37,5		
0,200	5,08	105,460	2130	106,5	100,0	94,8	1302	66,0	63,0	61,6	850	44,1	43,0	40,8
0,250	6,35		2466	123,8			1409	69,8			991	49,1		
0,400	10,16		2984	149,9			1694	74,0			1395	54,7		
0,500	12,70		3009	152,0			1504	74,5			1309	54,9		



*Robín Alfredo Vigo Rojas*  
**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACTA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

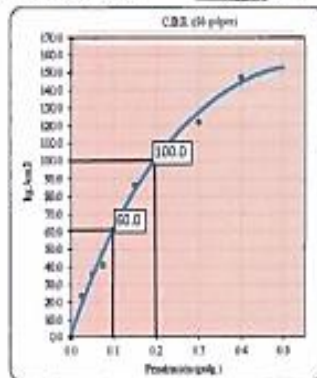
<b>UBICACIÓN:</b>	SACTA FAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNIVALE

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:**  
Determinar el índice de resistencia de suelos que se usaba para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:**  
cuarteador, mezclador, cásulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) + M2 + 1% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

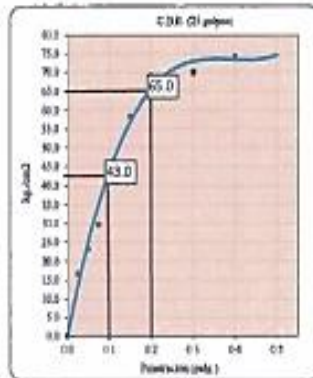
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

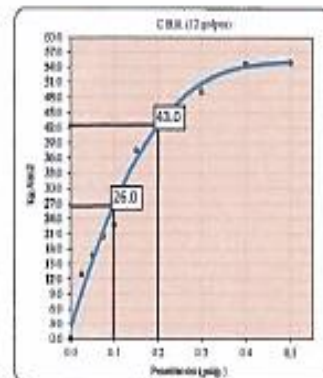
Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2,343 g/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 2,2 \_\_\_\_\_ %  
Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 2,228 g/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1) 38 GOLPES:      85.340 %

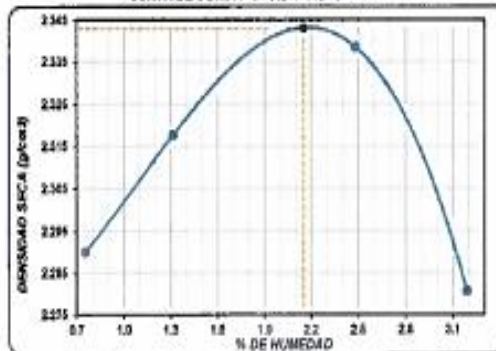


C.B.R. (0.2) 25 GOLPES:      61.100 %



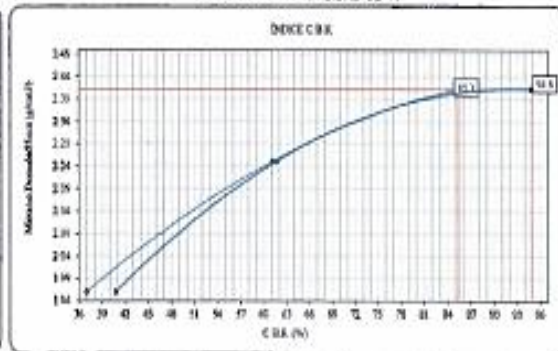
C.B.R. (0.7) 12 GOLPES:      36.661 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1":	85.3 %
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1":	81.1 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2":	64.8 %
C.B.R. ( 85% M.D.S.) 0.2":	60.1 %



*[Signature]*  
**ROBIN ALFREDO VIGORIAS**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235

**ENSAYOS DE  
LABORATORIO DEL  
MATERIAL AFIRMADO  
EN ESTADO NATURAL  
Y CON 1%, 2%,3%, 4%  
DE ACEITE RESIDUAL  
AUTOMOTOR  
(MUESTRA 03)**



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2216, (Contenido de humedad por diferencia de masas)

**2.- Objeto:** Determinar el contenido de humedad del material de cantera

**3.- Materiales:** Balanza digital, bandejas, horno.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3

**5.- Cálculos:**

MUESTRA Nº	1	SUELOS NATURAL			
Nº ensayos		M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
Masa natural húmeda + bandeja (g)		675.4	659.6	794.0	608.6
Masa natural seca + bandeja (g)		665.9	651.3	784.6	600.1
Masa bandeja (g)		69.5	63.7	78.0	70.3

**6.- Resultados:**

Nº ensayos	M- 01	M- 02	M- 03	M- 04
Masa húmeda (g)	605.9	595.9	716.0	538.5
Masa seca (g)	596.4	587.6	706.6	529.8
Masa del agua (g)	9.5	8.3	9.4	8.7
Contenido de humedad (%)	1.59 %	1.41 %	1.33 %	1.64 %

<b>PROMEDIO CONTENIDO HUMEDAD (%)</b>	<b>1.49 %</b>
---------------------------------------	---------------



  
**ROBIN ALEJANDRO VICO**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ANALISIS GRANULOMETRICO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Tamices ASTM E-11, Test Sieve, Balanza digital, Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3

**5.- Calculos:**

<b>Datos en el momento del ensayo del Laboratorio:</b>						
Masa de Bandeja:		0.00 g.	Masa de muestra lavada + tara:			3800.00 g.
GRANULOMETRÍA						Masa de Muestra lavada seca: 3800.00 g.
Cribas		Masa retenida (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado	
Pulg.	mm					
3"	75.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	
2.1/2"	63.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	D <sub>50</sub> : 10.37
2"	50.000	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	D <sub>30</sub> : 4.04
1.1/2"	38.100	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	D <sub>10</sub> : 0.97
1"	25.000	374.26	9.92 %	9.92 %	90.08 %	
3/4"	19.000	284.26	7.53 %	17.45 %	82.55 %	Error mecánico <3%+
1/2"	12.500	600.66	15.92 %	33.37 %	66.63 %	26.50 g.
3/8"	9.500	351.76	9.32 %	42.69 %	57.31 %	0.70 %
1/4"	6.300	589.36	15.62 %	58.31 %	41.69 %	
# 04	4.750	280.76	7.44 %	65.75 %	34.25 %	
# 10	2.000	618.76	16.40 %	82.15 %	17.85 %	Diámetro Nominal de la partícula mayor 38.10
# 20	0.850	340.96	9.04 %	91.18 %	8.82 %	
# 30	0.600	92.06	2.44 %	93.62 %	6.38 %	
# 40	0.425	79.96	2.12 %	95.74 %	4.26 %	
# 50	0.300	44.76	1.19 %	96.93 %	3.07 %	Coeficiente Uniformidad Cu: 10.67
# 60	0.250	8.56	0.23 %	97.15 %	2.85 %	
# 100	0.150	30.46	0.81 %	97.96 %	2.04 %	
# 200	0.075	26.96	0.71 %	98.68 %	1.32 %	
Cazoleta:		49.96	1.32 %	100.00 %	0.00 %	
<b>TOTAL:</b>		<b>3773.50</b>	<b>100.00</b>			Coeficiente Gradacion Cc: 1.62



*Robín del Real Vico*  
**ROBIN DEL REAL VICO**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264236





**ANALISIS GRANULOMETRICO**

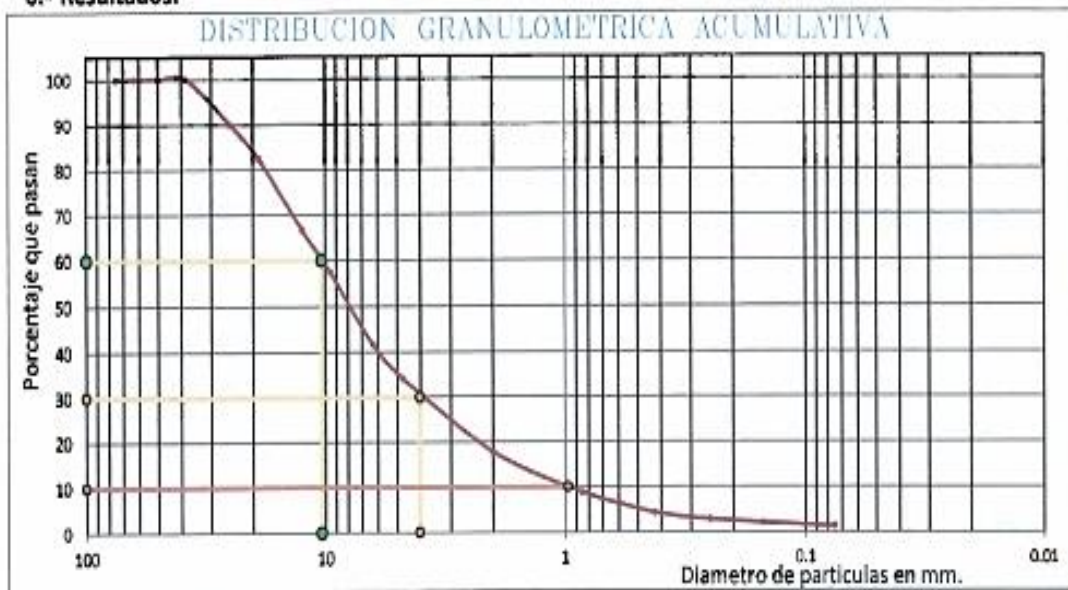
**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**6.- Resultados:**



Límite Líquido : (LL) 34.27%

Límite Plástico : (LP) 23.40%

Índice Plástico : (Ip) 10.87%

SIMBOLO DEL GRUPO SUCS	SIMBOLO DEL GRUPO AASHTO
<b>GW</b>	<b>A-1-a</b>
Grava bien graduadas	Fragmento de roca, grava y arena



*[Firma manuscrita]*  
 ROBIN ALFREDO VIGO BOLAÑOS  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

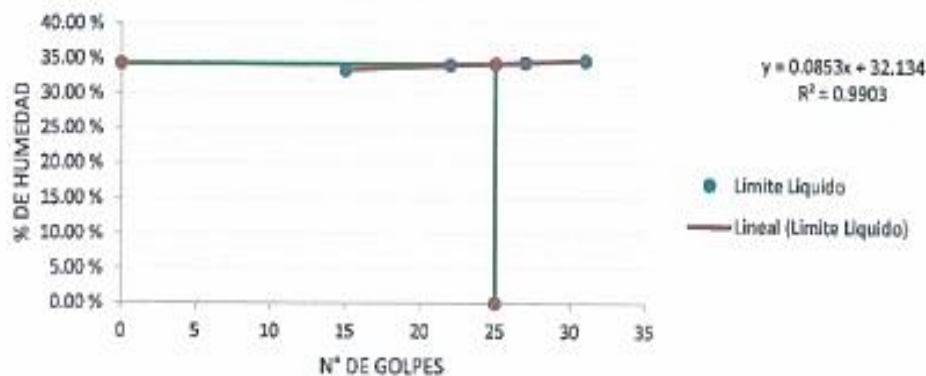
**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3

**5.- Calculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	15	22	27	31	M-01	M-02	M-03
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	32.347	32.816	33.254	30.890	2.621	2.704	2.733
Masa muestra seca (g) + tara(g):	26.202	26.349	26.907	24.905	2.357	2.427	2.427
Masa de tara (g):	7.786	7.381	8.472	7.684	1.225	1.177	1.192
Masa contenida de agua (g):	6.145	6.467	6.347	5.984	0.264	0.277	0.306
Masa suelos seco (g):	18.416	18.968	18.435	17.222	1.132	1.250	1.235
% de humedad:	33.37 %	34.09 %	34.43 %	34.75 %	23.32 %	22.17 %	24.79 %

**6.- Resultados:**

GRAFICO LIMITE LIQUIDO



Limite Liquido (LL) :	<b>34.27 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>23.40 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>10.87 %</b>



*Robín Alfredo Vigo Rojas*  
 ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

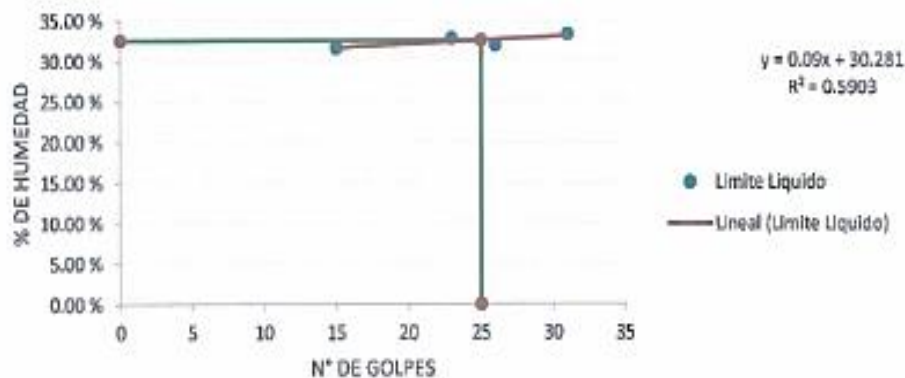
**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 1% de Aceite Residual

**5.- Cálculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	15	23	26	31	M-01	M-02	M-03
Numero de golpes							
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	32.600	33.170	33.524	34.364	2.696	2.801	2.746
Masa muestra seca (g) + tara(g):	26.455	26.703	27.177	27.652	2.432	2.524	2.440
Masa de tara (g):	7.014	7.002	7.300	7.500	1.218	1.241	1.181
Masa contenida de agua (g):	6.145	6.467	6.347	6.712	0.264	0.277	0.306
Masa suelos seco (g):	19.441	19.701	19.877	20.152	1.214	1.283	1.259
% de humedad:	31.61 %	32.83 %	31.93 %	33.31 %	21.75 %	21.59 %	24.30 %

**6.- Resultados:**

**GRAFICO LIMITE LIQUIDO**



Limite Liquido (LL) :	32.53 %
Limite Plastico (LP) :	22.50 %
Indice Plastico (IP) :	10.03 %



**ROBINALFREDO VILLO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Rbg CIP N° 264235



**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

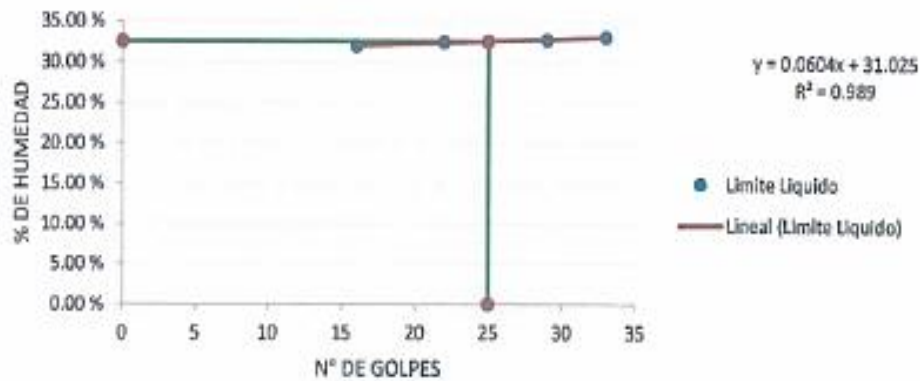
**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 2% de Aceite Residual

**5.- Calculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	Numero de golpes	16	22	29	33	M-01	M-02
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	31.979	32.981	31.960	30.182	3.274	3.820	3.951
Masa muestra seca (g) + tara(g):	25.929	26.603	26.169	24.425	2.880	3.349	3.426
Masa de tara (g):	7.000	6.927	8.415	7.000	1.241	1.274	1.241
Masa contenida de agua (g):	6.050	6.378	5.811	5.756	0.394	0.471	0.505
Masa suelos seco (g):	18.929	19.676	17.754	17.425	1.639	2.075	2.185
% de humedad:	31.96 %	32.42 %	32.73 %	33.03 %	24.04 %	22.70 %	23.11 %

**6.- Resultados:**

GRAFICO LIMITE LIQUIDO



Limite Liquido (LL) :	<b>32.53 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>23.30 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>9.23 %</b>



*RODOLFO VIGO ROJAS*  
 ROSINALFREDO VIGO ROJAS  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA  
**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES  
**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

- ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)
- ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

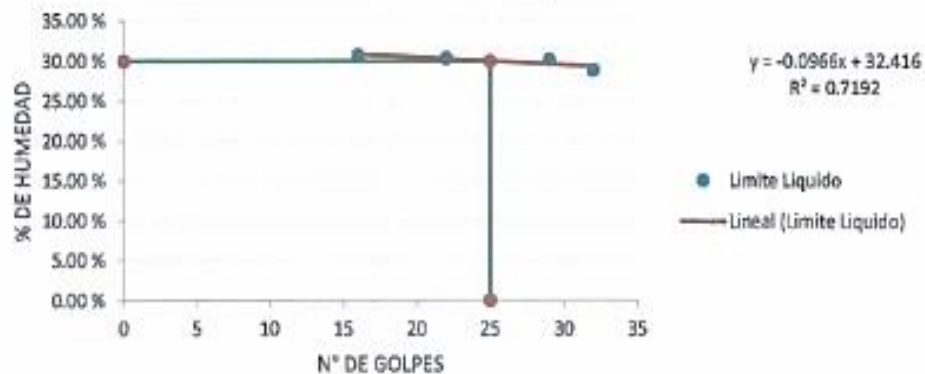
**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 3% de Aceite Residual

**5.- Cálculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	16	22	29	32	M-01	M-02	M-03
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	23.988	22.439	24.759	25.271	4.434	2.204	2.174
Masa muestra seca (g) + tara(g):	20.097	18.872	20.677	21.272	4.137	2.009	1.992
Masa de tara (g):	7.438	7.114	7.151	7.411	2.852	1.212	1.215
Masa contenida de agua (g):	3.891	3.567	4.002	3.999	0.297	0.195	0.182
Masa suelos seco (g):	12.659	11.758	13.526	13.861	1.285	0.797	0.777
% de humedad:	30.74 %	30.34 %	30.18 %	28.85 %	23.11 %	24.47 %	23.44 %

**6.- Resultados:**

**GRAFICO LIMITE LIQUIDO**



Limite Liquido (LL) :	<b>30.00 %</b>
Limite Plastico (LP) :	<b>23.70 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>6.30 %</b>



**ROBIN ALFREDD YIGU ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264236



**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

**UBICACIÓN:** CANTERA TRES ESTRELLAS - SACRAFAMILIA

**TESISTA:** BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES

**FECHA:** AGOSTO DEL 2023

**1.- Referencia:**

ASTM D - 2487, (Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes)

ASTM D - 422, (Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils)

**2.- Objeto:** Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

**3.- Materiales:** Balanza digital, Copa de Casagrande, accesorios de Atterberg, horno, bandejas.

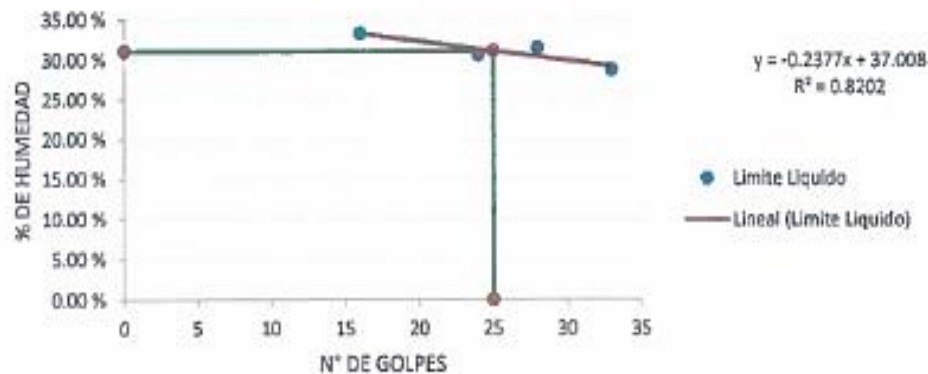
**4.- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 4% de Aceite Residual

**5.- Calculos:**

ENSAYO DE PLASTICIDAD	Limite Liquido				Limite Plastico		
	Numero de golpes	16	24	28	33	M-01	M-02
Masa muestra humedad (g) + tara(g):	34.444	34.723	35.530	36.672	2.130	2.665	2.297
Masa muestra seca (g) + tara(g):	27.653	28.335	28.793	30.133	1.961	2.393	2.097
Masa de tara (g):	7.238	7.446	7.371	7.372	1.200	1.178	1.195
Masa contenida de agua (g):	6.791	6.388	6.737	6.599	0.169	0.272	0.200
Masa suelos seco (g):	20.415	20.889	21.422	22.761	0.761	1.215	0.902
% de humedad:	33.26 %	30.58 %	31.45 %	28.73 %	22.21 %	22.39 %	22.18 %

**6.- Resultados:**

**GRAFICO LIMITE LIQUIDO**



Limite Liquido (LL) :	<b>31.07 %</b>
Limite Plástico (LP) :	<b>22.30 %</b>
Indice Plastico (IP) :	<b>8.77 %</b>



*Robín Alfredo Rodríguez*  
**ROBÍN ALFREDO RODRÍGUEZ**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

UBICACIÓN:	SACRAFAMILIA
SOLICITA:	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
ORIGEN:	CANTERA TRES ESTRELLAS
FECHA:	AGOSTO DEL 2023
CERTIFICADO:	LABORATORIO DE LA RICA-UNNEVAL

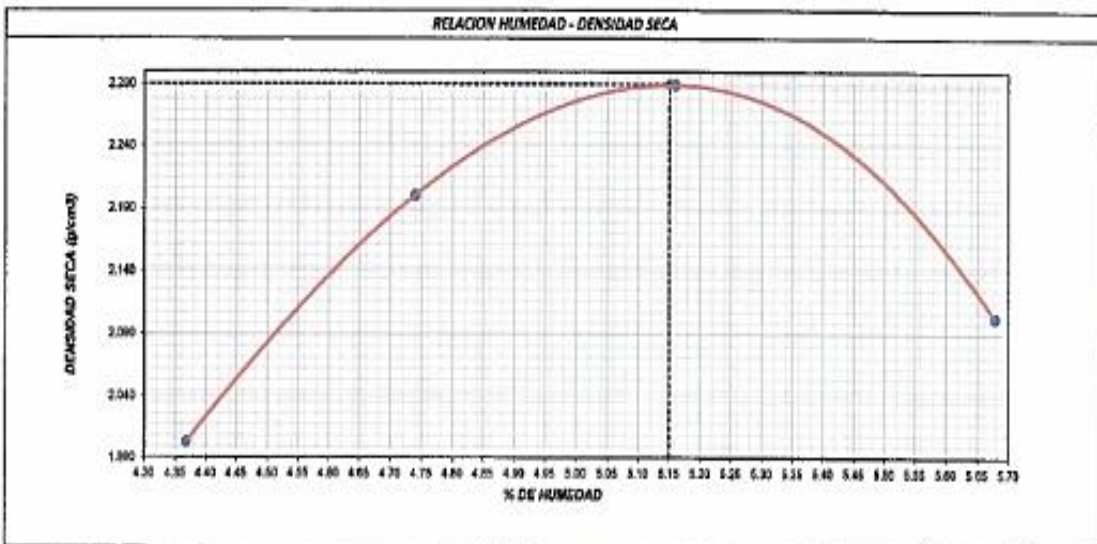
- Referencia:  
ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 115-2000, J. E. Bowles ( Experimento Nº 9)
- Objeto:  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- Materiales:  
Molde de 6 pulgadas, Plán o Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tamices ó Mallas- De N pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y Nº 4 (4,75mm), Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, pala, espátula, botella de spray, etc.
- Descripción:  
Suelo Natural (Afirmado) - M3
- Calculos:

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CSR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2104.92
Masa del Molde (g)	6154.00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	10,553	11,005	11,221	10,831
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,399	4,851	5,067	4,677
Masa Volumetrica Humeda	g	2,090	2,304	2,407	2,222
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	63.7	78.1	70.3	69.5
Masa Suelo Humedo + Tara	g	430.1	546.6	416.8	659.4
Masa Suelo Seco + Tara	g	395.6	525.4	399.8	627.7
Masa del agua	g	14.5	21.2	17.0	31.7
Masa del suelo seco	g	332	447	329	558
Contenido de agua	%	4.37	4.74	5.16	5.68
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.003	2.200	2.289	2.102

- 6.- Resultados:
- Densidad Máxima Seca: **2.290 g/cm<sup>3</sup>**      Contenido Humedad Óptimo: **5.150 %**



*Roberto...*  
**ROBERTO...**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACIDE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE APIMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRA FAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	RACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- Referencia: ASTM D1585: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- Objeto: Determinar el índice de resistencia de suelos que se usaba para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de firme.
- Materiales: Equipo CBR, cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- Descripción: Suelo Natural (Firmado) - M3
- Calculos:

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1585**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	2		4		1	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + masa molde (g)	13,145	13,203	12,815	12,721	11,753	12,807
Masa molde (g)	7,528	7,528	7,568	7,568	7,523	7,528
Masa suelo compactado (g)	5,622	5,675	5,247	5,153	4,230	5,279
Volumen de la muestra (cm³)	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm³)	<b>2,613</b>	<b>2,638</b>	<b>2,479</b>	<b>2,421</b>	<b>2,428</b>	<b>2,454</b>
Densidad Seca (g/cm³)	<b>2,523</b>	<b>2,518</b>	<b>2,382</b>	<b>2,413</b>	<b>2,334</b>	<b>2,328</b>

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Masa de tara (g)	54.4	54.4	78.0	78.0	62.7	62.7
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	386.1	388.8	485.2	470.5	487.4	504.1
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	376.6	373.7	466.3	453.6	466.0	466.9
Masa del agua (g)	15.5	27.1	18.9	16.9	12.4	27.2
Masa de suelo seco (g)	370.2	367.3	447.3	436.6	453.6	439.7
Humedad (%)	<b>4.2</b>	<b>7.4</b>	<b>4.2</b>	<b>3.9</b>	<b>2.7</b>	<b>6.2</b>

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dil 9.03°	Expansión		Dil	Expansión		Excentricidad	
				mm	%		mm	%	mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>										

**PENETRACIÓN**

Penetración	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1				
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección		
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	
0.075	0.03	45.6	22.6			75	3.7			57	2.8			
0.093	1.27	660	32.7			287	9.2			139	6.9			
0.075	1.90		42.8			119	15.8			261	12.9			
0.190	2.54	79.367	102	52.9	52.0	77.6	44.2	28.9	28.0	32.3	36.3	17.0	16.0	22.8
0.325	5.17		134	68.0			635	31.0			493	24.6		
0.510	8.81		178	88.2			737	36.5			527	26.6		
0.700	13.93	105.480	1679	83.2	90.0	85.3	811	45.1	41.0	38.8	639	31.6	32.0	30.5
0.900	20.69		2291	113.4			982	48.6			945	46.8		
0.400	10.35		2963	148.7			1549	76.4			1250	61.8		
0.500	12.70		3154	156.1			1645	81.4			1352	67.0		



*[Firma]*  
**ROBIN ALEJANDRO VEGAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235





**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL AGUAS RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SANJA FAMILIA A NIVEL DE ARRIMADOS - PASO 2023

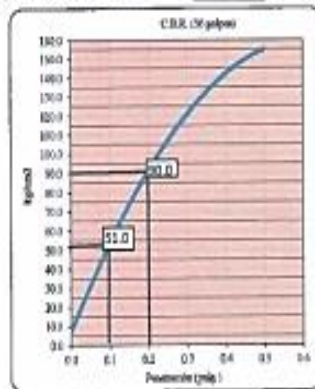
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-URHEVAL

- Referencia:** ASTM D1583: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- Materiales:** Equipo CBR, cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3
- Calibre:**

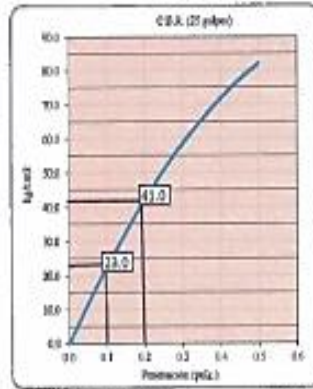
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1583**

**Datos de muestra**

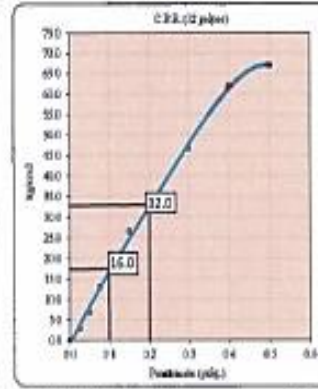
Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2.290 g/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 6,2 %  
 Mínima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 2.178 g/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 30 GOLPES: 72.879 %

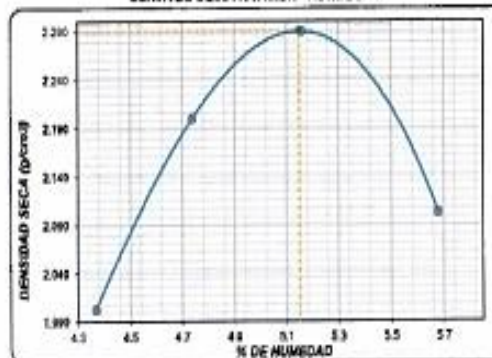


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES: 32.714 %



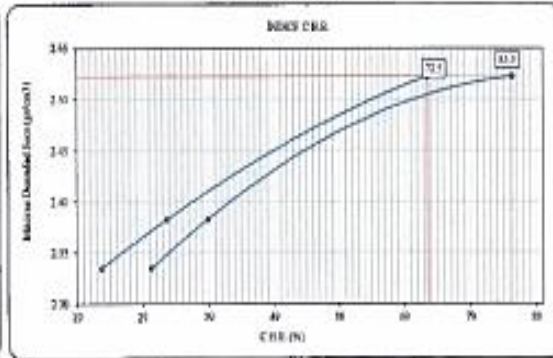
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES: 22.767 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 72.4 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 66.9 %

**CURVA CBR vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 85.3 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 81.1 %



*Robín Alfredo Yigu*  
**ROBÍN ALFREDO YIGU** R.M.N.  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- Referencia:** ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 115-2000, J. E. Bowles | Experimento Nº 9)
- Objeto:** Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- Materiales:** Molde de 6 pulgadas, Pídn ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Termos ó Mallas- De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y Nº4 (4,75mm), Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.
- Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 1% de aceite residual automotor
- Calculos:**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2104,92
Masa del Molde (g)	6154,00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	10,746	10,996	11,262	11,055
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,592	4,842	5,128	4,901
Masa Volumetrica Humeda	g	2,182	2,300	2,436	2,328
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tera	g	69,0	69,0	71,4	88,1
Masa Suelo Humedo + Tera	g	573,9	852,3	764,6	738,1
Masa Suelo Seco + Tera	g	558,0	822,1	732,0	703,0
Masa del agua	g	15,9	30,2	32,6	35,1
Masa del suelo seco	g	489	753	661	615
Contenido de agua	%	3,3	4,0	4,9	5,7
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2,113	2,212	2,323	2,303

**6. Resultados:**

**Densidad Máxima Seca:** 2,322 g/cm<sup>3</sup>.      **Contenido Humedad Óptimo:** 5,00 %



*[Signature]*  
**ROBIN ALFREDO VILLO RIVERA**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CARTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:**  
Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:**  
carretador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 1% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde #1	3		4		5	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	6		6		6	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	13,105	13,130	12,885	13,025	12,795	12,985
Masa molde (g)	7,379	7,579	7,043	7,048	7,650	7,939
Masa suelo compactado (g)	5,726	5,551	5,842	5,977	5,145	5,046
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2,662	2,580	2,713	2,780	2,392	2,346
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,285	2,236	2,352	2,254	2,166	2,181

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Masa de tara (g)	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	356,5	355,5	357,2	351,2	402,4	406,9
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	346,8	337,1	337,5	339,6	387,3	421,0
Masa del agua (g)	39,5	23,4	11,7	21,2	35,1	15,9
Masa de suelo seco (g)	275,3	466,4	288,0	442,5	378,3	382,0
Humedad (%)	14,2	5,0	4,1	4,8	9,3	4,2

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Diel 0.01"	Expansión		Diel	Expansión		Diel	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

**PENETRACIÓN**

Penetración	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1				
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección		
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	
0.025	0.03	275	13.6			230	18.6			254	14.5			
0.050	1.27	491	24.5			398	31.7			214	10.6			
0.075	1.90	772	38.2			530	41.9			215	11.6			
0.100	2.54	70,307	1656	52.3	48.0	48.3	36.3	35.0	49.8	316	15.7	19.0	27.0	
0.125	3.17		1190	61.9			436	41.4		408	23.2			
0.150	3.81		1433	71.0			468	47.0		540	26.8			
0.200	5.08	185,460	1863	92.2	88.0	83.4	1172	56.5	55.0	92.3	794	38.4	35.0	33.2
0.300	7.62		2481	122.8			1448	71.7			918	45.4		
0.400	10.16		3094	150.2			1754	86.8			1132	53.5		
0.500	12.70		3719	185.9			1854	91.9			1143	57.1		



*Roberto*  
**ROBERTO ALFREDO FIGUEROA**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264236



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

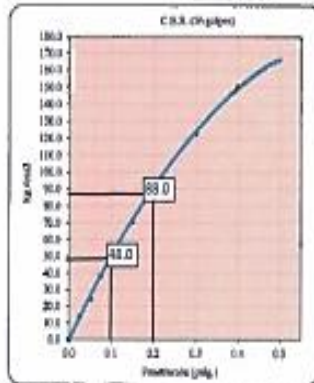
<b>PROYECTO:</b>	INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCO 2023
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRA FAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FCA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:** ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:** Cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 1% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

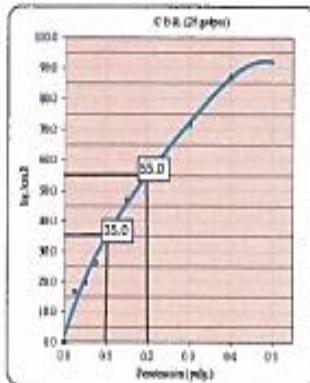
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

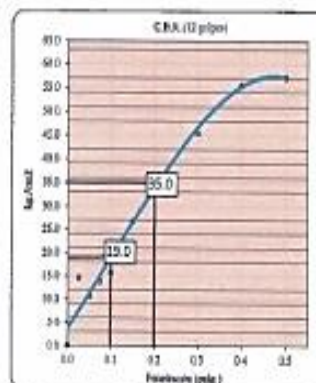
Máxima Densidad Seca 2.522 g/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad 8.00 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% 2.291 g/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1'') 56 GOLPES: **88.272 %**

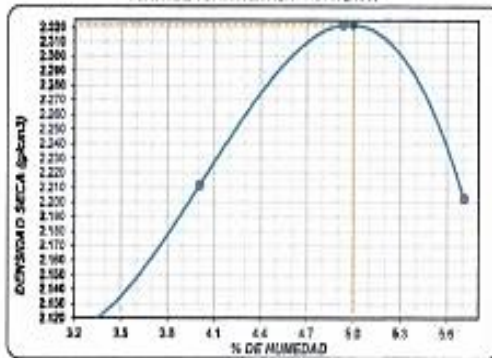


C.B.R. (0.1'') 28 GOLPES: **49.782 %**



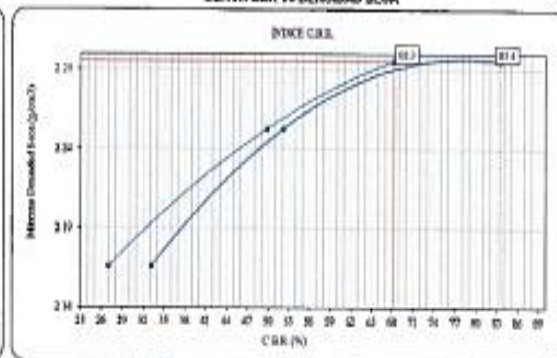
C.B.R. (0.1'') 12 GOLPES: **27.024 %**

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1'': **88.3 %**  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1'': **64.9 %**

**CURVA CBR vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2'': **83.4 %**  
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2'': **79.3 %**



*Robín Alfredo*  
**ROBÍN ALFREDO**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACIA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

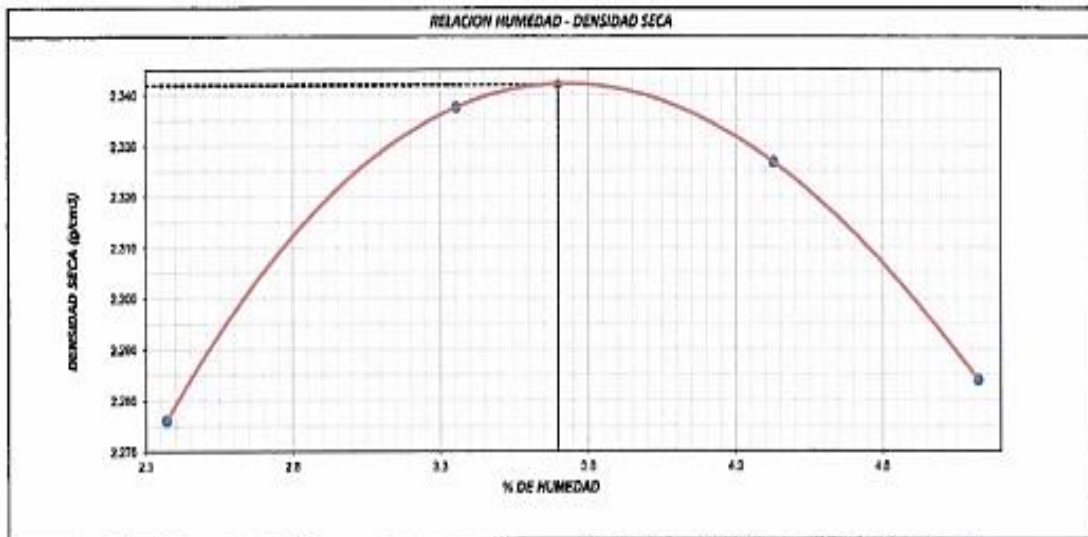
- 1.- **Referencia:**  
ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 145-2000, J. E. Bowles ( Experimento Nº 9)
- 2.- **Objeto:**  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- 3.- **Materiales:**  
Molde de 6 pulgadas, Pisón ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tornillos ó Mallas.- De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y Nº 4 (4,75mm), Herramientas de Mierla, cucharas, mezclador, pala, espátula, botella de spray, etc.
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 2% de aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2304.92
Masa del Molde (g)	6154.00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,058	11,239	11,268	11,208
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,904	5,095	5,114	5,054
Masa Volumetrica Humeda	g	2,350	2,416	2,430	2,401
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	71.4	69.0	88.1	69.0
Masa Suelo Humedo + Tara	g	503.3	771.4	739.1	815.9
Masa Suelo Seco + Tara	g	493.3	748.6	711.5	779.5
Masa del agua	g	10.0	22.8	27.6	36.4
Masa del suelo seco	g	422	680	623	710
Contenido de agua	%	2.4	3.4	4.4	5.1
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.275	2.338	2.327	2.284

- 6.- **Resultados:**  
 Densidad Máxima Seca: **2.342 g/cm<sup>3</sup>**      Contenido Humedad Óptimo: **3.70 %**



*Robín Alfredo Vico Rojas*  
**ROBÍN ALFREDO VICO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASO 3323

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNI-HEVAL

- 1.- **Referencia:** ASTM D1383: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:** cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.
- 4.- **Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 2% de Aceite residual automotor
- 5.- **Cálculo:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1383**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Módulo N°	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	16		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	32.516	31.034	17.756	12.204	33.516	32.543
Masa molde (g)	7.594	7.554	7.528	7.518	7.490	7.514
Masa suelo compactado (g)	5.262	5.490	5.228	5.316	5.026	5.028
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2.151	2.151	2.151	2.231	2.151	2.151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.449	2.548	2.439	2.471	2.336	2.337
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.395	2.427	2.287	2.457	2.124	2.222

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Masa de tara (g)	70.7	70.7	69.5	69.5	69.0	69.0
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	332.2	534.2	344.0	506.9	499.1	432.6
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	322.0	515.7	333.2	486.7	489.0	395.0
Masa del agua (g)	10.2	18.5	11.7	20.2	10.1	17.0
Masa de suelo seco (g)	251.8	445.0	263.7	437.2	388.0	328.6
Humedad (%)	4.1	4.2	4.4	4.6	2.6	5.2

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo en	Dial 0.00"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

**PENETRACIÓN**

Penetración (pas) (mm)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo N° 2				Módulo N° 4				Módulo N° 1				
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección		
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR%	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR%	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR%	
0.225	0.63	445	22.1			304	15.0			211	10.4			
0.250	1.27	645	32.1			430	21.7			263	13.0			
0.275	1.90	915	45.3			565	28.0			365	18.1			
0.100	2.54	10.207	1310	57.4	57.0	81.4	774	38.3	20.0	55.5	444	22.0	25.0	35.6
0.125	3.17		1523	65.4			955	47.5			535	26.5		
0.150	3.81		1947	77.6			1180	58.8			673	33.3		
0.200	5.08	105.480	2695	100.8	97.0	92.0	1280	63.4	62.0	58.8	812	40.2	42.0	37.9
0.300	7.62		2608	129.1			1764	87.5			979	48.5		
0.400	10.16		2905	144.0			1521	75.3			1098	54.5		
0.500	12.70		3383	166.8			1543	76.7			1160	56.9		



*Roberto...*  
**ROBERTO ALFREDO VIGU**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP N° 264235



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

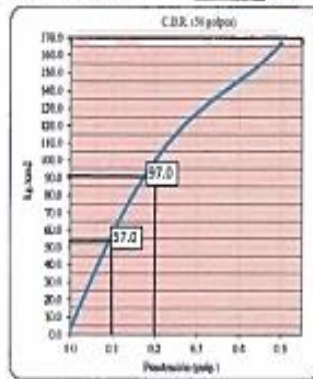
<b>PROYECTO:</b>	INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PAUCO 2023
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SONICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNIVALE

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:**  
Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:**  
cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 2% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

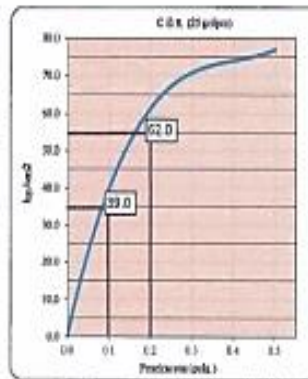
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2.342 g/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 3.7 %  
Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 2.225 g/cm<sup>3</sup>



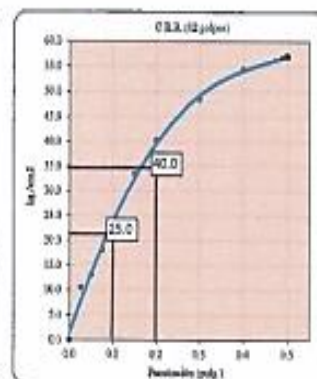
C.B.R. (0.1") 50 GOLPES:

81.073 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES:

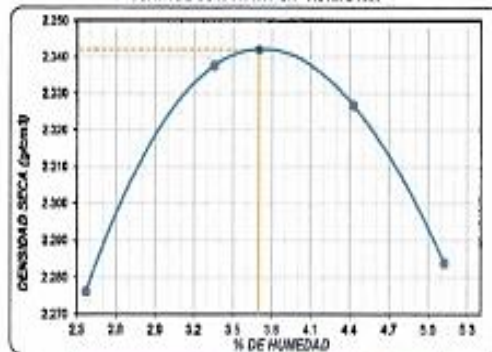
65.471 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES:

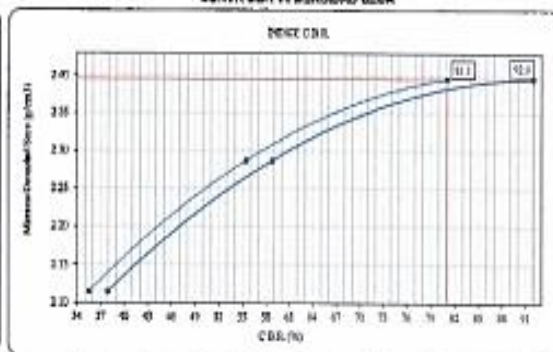
35.558 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"	81.1 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"	77.0 %

**CURVA CBR vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2"	82.0 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"	87.4 %



*Roberto*  
**ROBERTO ALFREDO VIGO ROJAS**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264236



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRA FAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDISON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA ICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 135-2000, J. E. Bowles ( Experimento N° 9)
- 2.- **Objeto:**  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas
- 3.- **Materiales:**  
Molde de 6 pulgadas, Pistón ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tamices ó Mallas.- De ¾ pulg (19,0 mm), ⅝ pulg (9,5 mm) y Nº 4 (4,75mm).  
Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 3% de aceite residual automotor
- 5.- **Cálculos:**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen del Molde (cm<sup>3</sup>)      2104.92  
Masa del Molde (g)            6154.00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,135	11,262	11,261	11,266
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,981	5,108	5,107	5,112
Masa Volumetrica Humeda	g	2,357	2,426	2,426	2,429
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	69.0	71.5	88.2	63.8
Masa Suelo Humedo + Tara	g	461.8	743.5	709.3	552.5
Masa Suelo Seco + Tara	g	454.6	724.4	686.3	532.0
Masa del agua	g	7.2	19.1	23.0	20.5
Masa del suelo seco	g	386	653	598	468
Contenido de agua	%	1.9	2.9	3.8	4.4
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.323	2.358	2.337	2.327

**Densidad Máxima Seca:** 2.359 g/cm<sup>3</sup>      **Contenido Humedad Óptima:** 2.8 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



*[Handwritten Signature]*  
**ROBIN ALFREDO VIGO RIVERA**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235





**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PARCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNNEVAL

- 1.- **Referencia:** ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soil
- 2.- **Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:** cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 3% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde M <sup>3</sup>	3		4		5	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	50		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,878	13,072	12,981	12,373	12,768	12,590
Masa molde (g)	7,454	7,454	7,836	7,836	7,470	7,470
Masa suelo compactado (g)	5,424	5,618	5,145	4,537	4,798	5,120
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2,522	2,612	2,392	2,074	2,226	2,380
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2,448</b>	2,476	2,326	2,000	2,167	2,257

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Masa de tara (g)	68.0	68.9	71.5	71.5	68.1	68.1
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	441.2	617.2	454.8	624.4	446.0	582.9
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	430.3	605.3	446.3	593.3	437.3	567.5
Masa del agua (g)	10.9	11.9	7.5	24.1	9.5	25.6
Masa de suelo seco (g)	361.4	596.4	374.8	518.8	349.2	499.2
Humedad (%)	3.0	5.3	2.7	<b>4.6</b>	3.7	5.5

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Temperatura °C	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

PENETRACIÓN														
Penetración		Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
(mil)	(mm)		Carga	Corrección	CBR %		Carga	Corrección	CBR %		Carga	Corrección	CBR %	
0.025	0.64		828	16.5		407	28.2			271	13.4			
0.050	1.27		675	31.0		528	26.1			283	14.5			
0.075	1.90		538	46.4		656	32.2			334	17.6			
0.100	2.54	70,307	1129	55.9	61.0	88.8	755	37.4	48.0	66.2	444	22.0	24.0	<b>36.7</b>
0.125	3.17		1291	64.0		884	43.8			500	27.7			
0.150	3.81		1443	71.6		1,035	44.1			719	35.3			
0.200	5.08	105,460	1650	95.6	101.0	<b>95.8</b>	1579	78.2	73.0	<b>63.2</b>	851	42.1	42.0	<b>39.8</b>
0.250	6.35		2058	132.1			1789	88.6		1075	53.2			
0.400	10.16		2943	145.7			1908	94.3		1172	56.1			
0.500	12.70		3148	155.8			2077	102.8		1272	63.0			



*[Firma]*  
**RODOLFO ALFREDO VIGO ROJAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

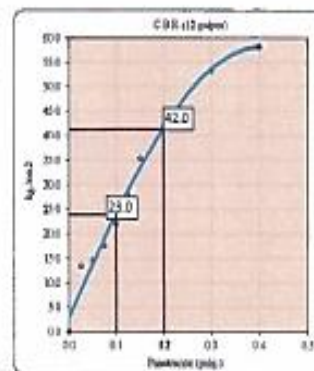
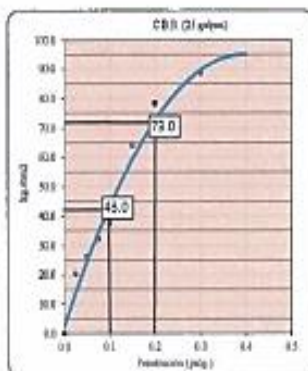
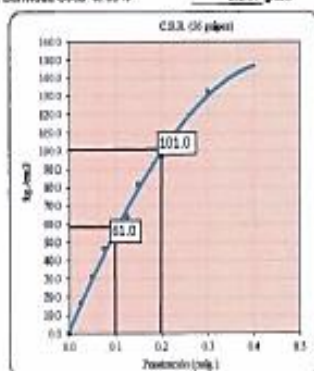
<b>PROYECTO:</b>	INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACIA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASO 2023
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:** ASTM D1533: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:** cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 3% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calíulas:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1533**

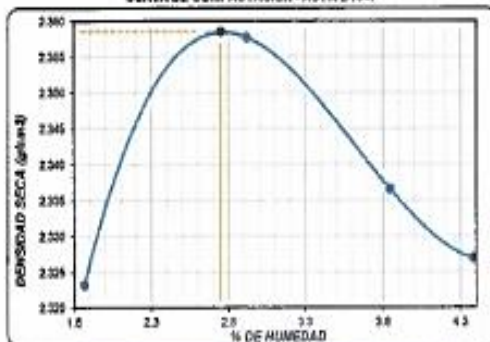
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2.256 g/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 2.8 %  
Máxima Densidad Seca a 95% \_\_\_\_\_ 2.261 g/cm<sup>3</sup>



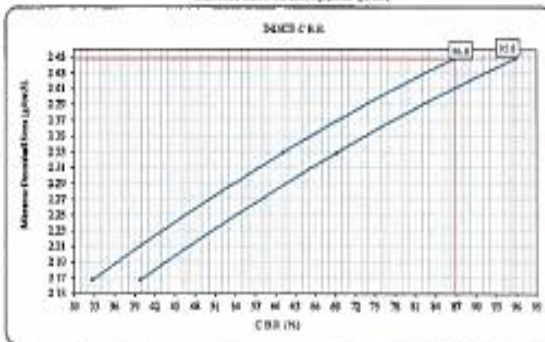
C.B.R. (0.1') 56 GOLPES:      66.762 %      C.B.R. (0.1') 25 GOLPES:      61.169 %      C.B.R. (0.1') 12 GOLPES:      32.714 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1547**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1':      66.8 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1':      62.4 %

**CURVA CBR vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2':      65.8 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2':      61.0 %



*[Signature]*  
**ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2025

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:**  
ASTM D-1557, ASTM D-1883 MTC E 115-2000, J. E. Bowles ( Experimento Nº 9)
- 2.- **Objeto:**  
Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 d 6 pulgadas
- 3.- **Materiales:**  
Molde de 6 pulgadas, Pisón ó Martillo, Balanza, Horno de Secado, Regla, Tamices ó Mallas.- De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y Nº 4 (4,75mm), Herramientas de Mezcla, cucharas, mezclador, pala, espátula, botella de spray, etc.
- 4.- **Descripción:**  
Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 2% de aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

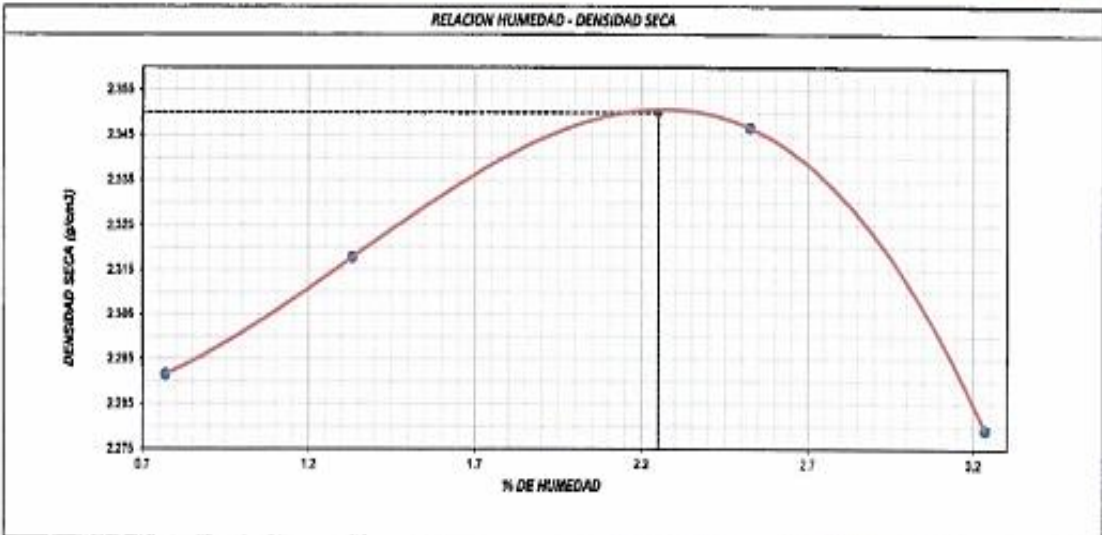
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
**ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2104.62
Masa del Molde (g)	6154.00

NUMERO DE ENSAYOS	UNIDAD	1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	11,014	11,098	11,238	11,107
Masa Suelo Humedo Compactado	g	4,860	4,944	5,064	4,953
Masa Volumetrica Humeda	g	2,309	2,349	2,406	2,353
Recipiente Numero		1	2	3	4
Masa de la Tara	g	72.0	71.4	70.1	68.0
Masa Suelo Humedo + Tara	g	780.6	771.1	736.1	789.4
Masa Suelo Seco + Tara	g	775.2	761.9	719.7	766.8
Masa del agua	g	5.4	9.2	16.4	22.6
Masa del suelo seco	g	703	690	650	699
Contenido de agua	%	0.8	1.3	2.5	3.2
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	2.291	2.338	2.347	2.279

**6.- Resultados:**

Densidad Máxima Seca: **2.35 g/cm<sup>3</sup>**      Contenido Humedad Óptimo: **2.25 %**



*[Handwritten Signature]*  
**ROBIN ALFREDO VEGO ROSAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**



**PROYECTO:** INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CARRETERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023

<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA RCA-LINHEVAL

- 1.- **Referencia:** ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:** cuarteador, merclador, còpsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 2% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
**ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde Nº	2		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	25		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa suelo + Masa molde (g)	12,880	12,868	12,500	12,798	12,100	12,506
Masa molde (g)	7,558	7,554	7,028	7,042	7,514	7,548
Masa suelo compactado (g)	5,322	5,314	4,982	5,286	4,586	4,958
Volumen de la muestra (cm <sup>3</sup> )	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151	2,151
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2,476</b>	<b>2,470</b>	<b>2,321</b>	<b>2,465</b>	<b>2,132</b>	<b>2,321</b>
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,436	2,489	2,242	2,462	1,971	2,221

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Masa tara (g)	79.7	79.7	79.5	69.5	69.9	69.0
Masa Tara + Masa suelo húmedo (g)	427.7	426.7	449.4	502.4	513.6	508.1
Masa Tara + Masa suelo seco (g)	417.5	411.2	438.7	502.2	498.5	491.1
Masa del agua (g)	10.2	15.5	10.7	79.2	15.1	17.0
Masa de suelo seco (g)	346.8	340.5	359.2	512.7	478.5	473.1
Humedad (%)	2.9	4.4	3.0	15.4	3.2	3.6

EXPANSIÓN											
Fecha	Hrs	Tiempo hr	Dial 0.02'	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

PENETRACIÓN														
Penetración		Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde Nº 2				Molde Nº 4				Molde Nº 1			
			Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(mm)	(mm)	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	
0.025	0.63		506	26.4		511	26.5			217	16.2			
0.050	1.27		718	37.5		496	28.2			404	26.0			
0.075	1.90		858	42.5		587	29.5			477	29.6			
0.100	2.54	70.307	1205	62.6	59.0	85.9	66.2	43.6	59.7	525	26.0	29.6	43.2	
0.125	3.17		1489	73.7		1006	48.8			668	33.1			
0.150	3.81		1775	87.9		1125	56.2			823	40.8			
0.200	5.08	166.460	2111	106.5	59.0	1200	60.0	64.6	80.7	756	47.3	45.0	62.7	
0.300	7.62		2492	125.4		1400	69.5			1058	52.4			
0.400	10.16		2999	148.5		1490	73.8			1171	58.0			
0.500	12.70		3197	159.5		1490	74.3			1170	58.2			



**ROBIN ALFREDO VIGORIAS**  
 Ingeniero Civil  
 Reg CIP N° 264235



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

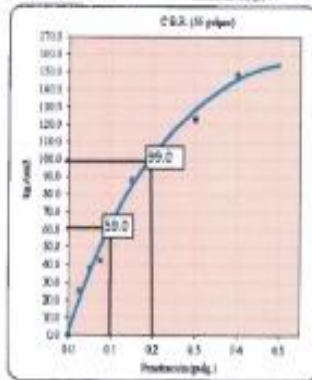
<b>PROYECTO:</b>	INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - FASCO 2023
<b>UBICACIÓN:</b>	SACRAFAMILIA
<b>SOLICITA:</b>	BACH. ING. KEVIN EDSON CAMPOS BENAVIDES
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA TRES ESTRELLAS
<b>FECHA:</b>	AGOSTO DEL 2023
<b>CERTIFICADO:</b>	LABORATORIO DE LA FICA-UNHEVAL

- 1.- **Referencia:** ASTM D1883: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils
- 2.- **Objeto:** Determinar el índice de resistencia de suelos que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.
- 3.- **Materiales:** Cuartavador, mezclador, cipsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc
- 4.- **Descripción:** Suelo Natural (Afirmado) - M3 + 1% de Aceite residual automotor
- 5.- **Calculos:**

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

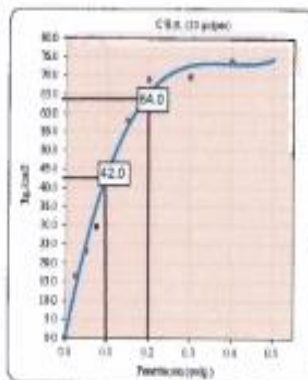
**Detos de muestra**

Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2,390 g/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 2,3 %  
Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 2,293 g/cm<sup>3</sup>



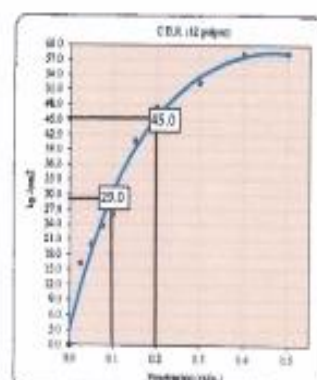
C.B.R. (0.1") 50 GOLPES :

63.918 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :

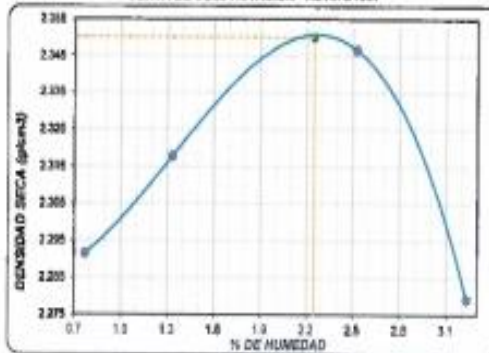
59.738 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES :

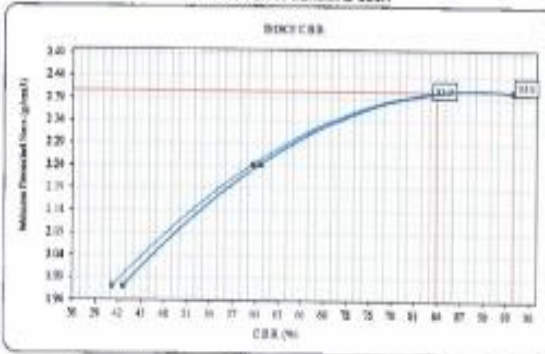
41.248 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 63.9 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1" : 79.7 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 63.9 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1" : 69.2 %



**ROBÍN ALEREBO VIGO ROJAS**  
Ingeniero Civil  
Reg CIP N° 264235

**ANEXO 02**  
**MATRIZ DE**  
**CONSISTENCIA Y**  
**CUADRO DE**  
**OPERACIONALIZACION**  
**DE VARIABLES**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES $y = f(x)$	INDICADORES	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
<b>PROBLEMA GENERAL</b>  ¿Cuál es la Influencia del aceite residual automotor en la estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados?	<b>OBJETIVO GENERAL</b>  Determinar la influencia del aceite residual automotor en la estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados.	<b>HIPOTESIS PRINCIPAL</b>  El aceite residual automotor mejora la estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X):</b>		<b>METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION</b>
<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b>  ¿Cuál es la influencia del aceite residual automotor en relación a los límites de consistencia del material de la cantera de Sacra familia para afirmados?	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>  Determinar la influencia del aceite residual automotor en relación a los límites de consistencia del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.	<b>HIPOTESIS ESPECÍFICAS</b>  El aceite residual automotor disminuye los límites de consistencia del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.	Aceite residual automotor	Material de cantera+ 0% de aceite residual Material de cantera+ 1% de aceite residual Material de cantera+ 2% de aceite residual Material de cantera+ 3% de aceite residual Material de cantera+ 4% de aceite residual	<b>TIPO DE INVESTIGACION</b> Aplicada  <b>NIVEL DE INVESTIGACION</b> Explicativo  <b>METODOS DE INVESTIGACION</b> Metodo Cientifico Metodo Experimental
¿Cuál es la influencia del aceite residual automotor en relación al grado de compacidad del material de la cantera de Sacra familia para afirmados?	Determinar la influencia del aceite residual automotor en relación al grado de compacidad del material de la cantera de Sacra familia para	El aceite residual automotor incrementa el grado de compacidad del material de la cantera de Sacra familia para afirmados	<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y):</b>		<b>DISEÑO DE INVESTIGACION</b>
¿Cuál es la influencia del aceite residual automotor en relación a la capacidad de carga del material de la cantera de Sacra familia para afirmados?	Determinar la influencia del aceite residual automotor en relación a la capacidad de carga del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.	El aceite residual automotor incrementa la capacidad de carga del material de la cantera de Sacra familia para afirmados.	Estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados.	Contenido de humedad natural Limite liquido Limite plástico Índice de plasticidad clasificación del suelo Contenido Óptimo de humedad Densidad Máxima seca CBR	Experimental  <b>POBLACION</b> Cantera de Sacra familia  <b>MUESTRA</b> No probabilístico  <b>TECNICAS</b>  Seran instrumentos con pruebas estandarizadas y propias de la ingeniería de suelos.

## CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES						
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDADES	INSTRUMENTO	
Variable independiente: Aceite residual automotor	Comprende a los aceites de origen mineral, que durante el uso perdieron sus propiedades características. Es una mezcla muy compleja que contienen restos del desgaste del motor, de color negro	Dosificación de aceite residual automotor	Material de cantera + 0% de aceite residual	cm3	Probeta graduada	
			Material de cantera + 1% de aceite residual			
			Material de cantera + 2% de aceite residual			
			Material de cantera + 3% de aceite residual			
			Material de cantera + 4% de aceite residual			
Variable dependiente: Estabilización del material de la cantera de Sacra familia a nivel de afirmados	Concepto general que considera el mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y/o físico - químicos.	Consistencia	Contenido de humedad natural	%	Ensayo de contenido de humedad	
			Limite liquido	%	Ensayo de límites de consistencia	
			Limite plástico	%		
		Índice de plasticidad	%	Ensayo de granulometría		
		Clasificación del suelo	G,S,M,C			
		Compacidad	Contenido Optimo de humedad		%	Ensayo Proctor modificado
			Densidad Máxima seca		gr/cm3	
Capacidad de carga	CBR	%	Ensayo CBR			



**ANEXO 03**  
**PANEL**  
**FOTOGRAFICO**



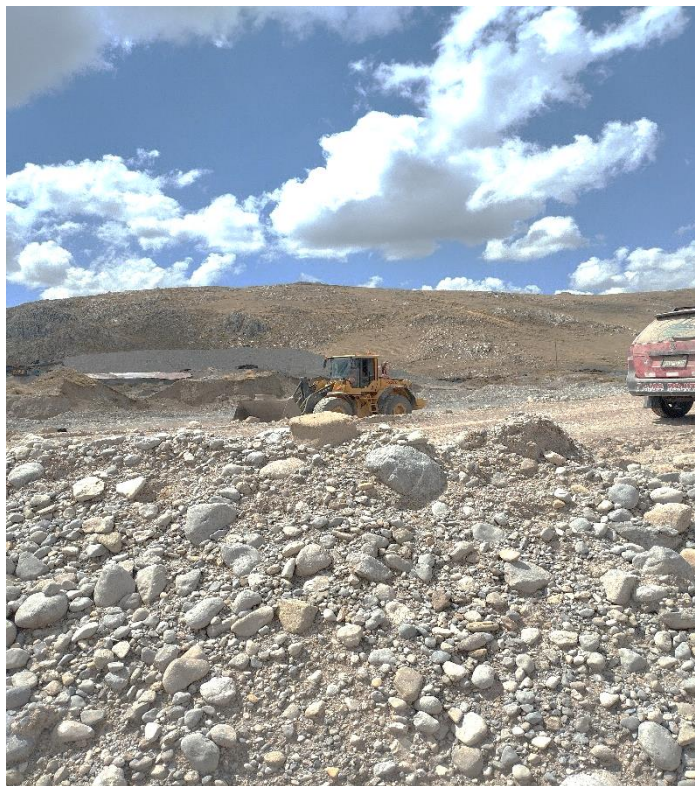
FOTOGRAFIA N°1: Municipalidad del centro poblado de Sacrafamilia



FOTOGRAFIA N°2: Selección del espacio para toma de muestra



FOTOGRAFIA N°3: Recolección de la muestra



FOTOGRAFIA N°4: Traslado de la muestra

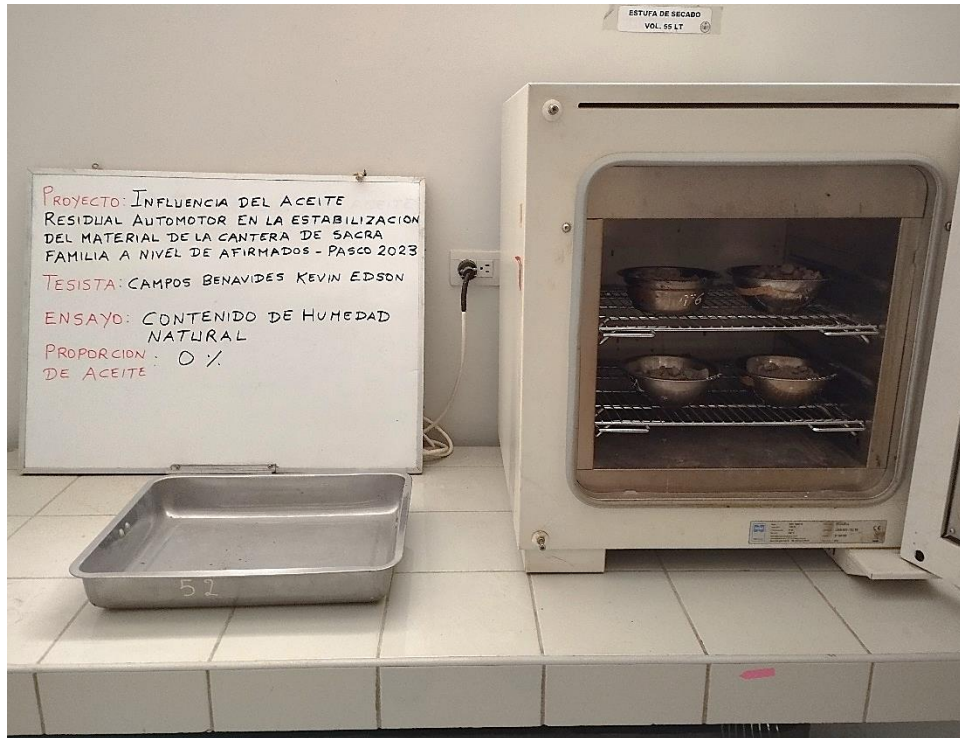
## CONTENIDO DE HUMEDAD



FOTOGRAFIA N°5: Muestreo para la realización de los ensayos



FOTOGRAFIA N°6: Colocación en el horno de muestra para determinación del contenido de humedad



FOTOGRAFIA N°7: Determinación del contenido de humedad

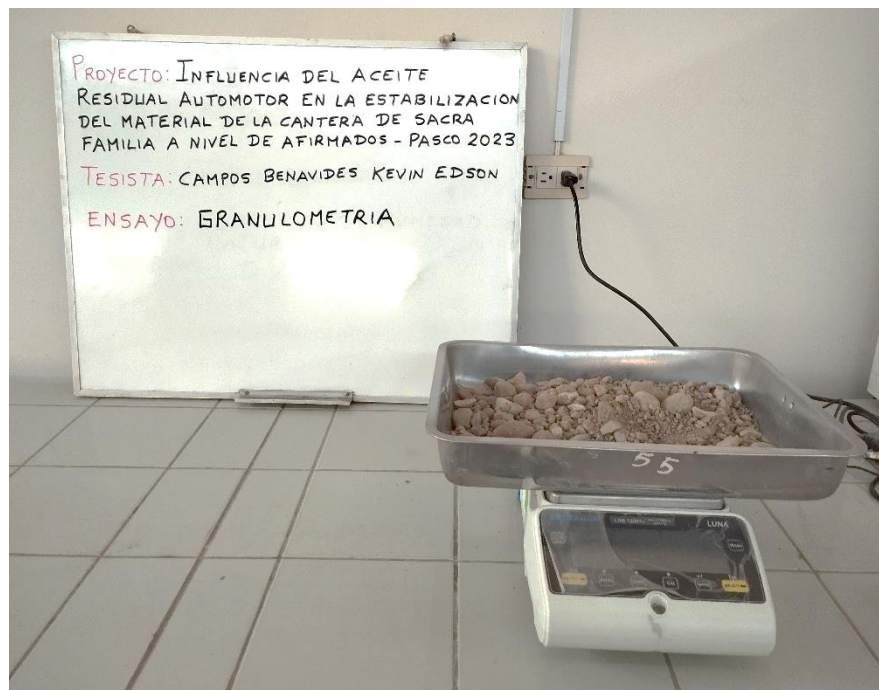


FOTOGRAFIA N°8: Pesado de la muestra seca

## GRANULOMETRIA



FOTOGRAFIA N°9: Cuarteo de muestra



FOTOGRAFIA N°10: Pesado de la muestra

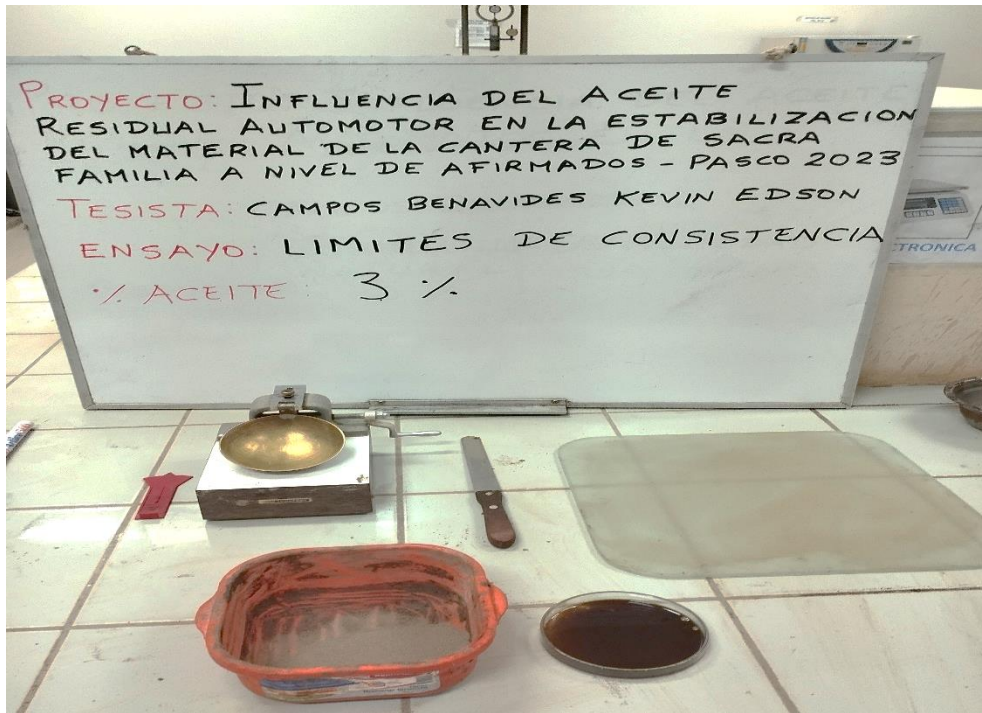


FOTOGRAFIA N°11: Tamizado de la muestra

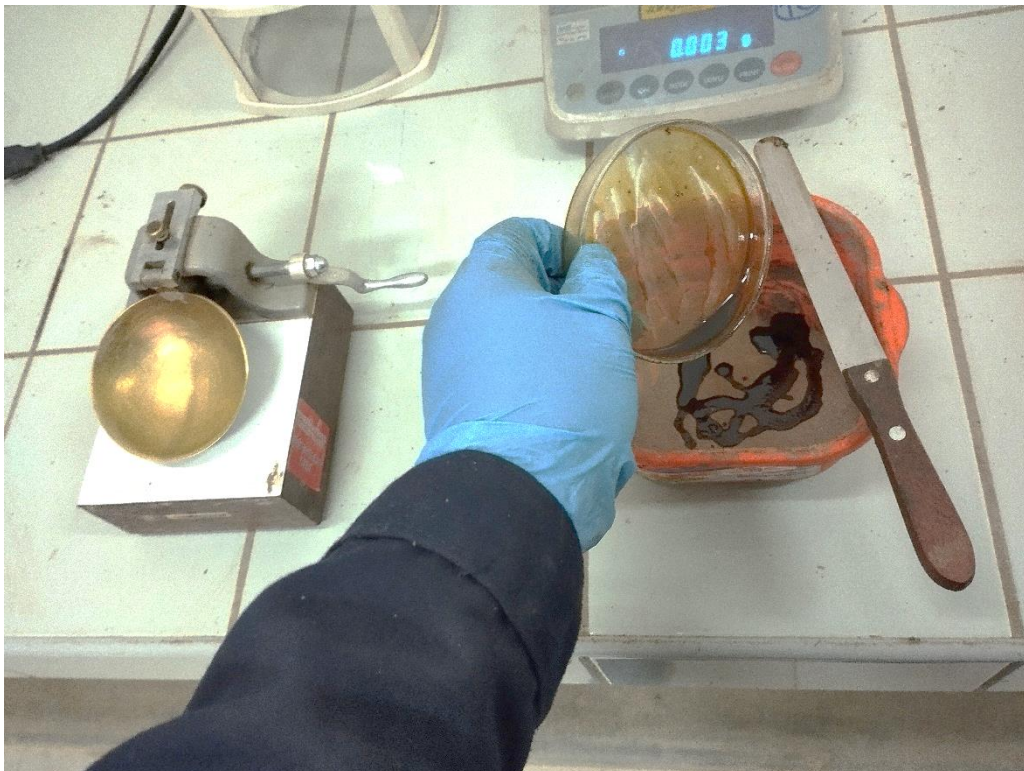


FOTOGRAFIA N°12: Clasificación del afirmado por tamaño

## LIMITES DE CONSISTENCIA

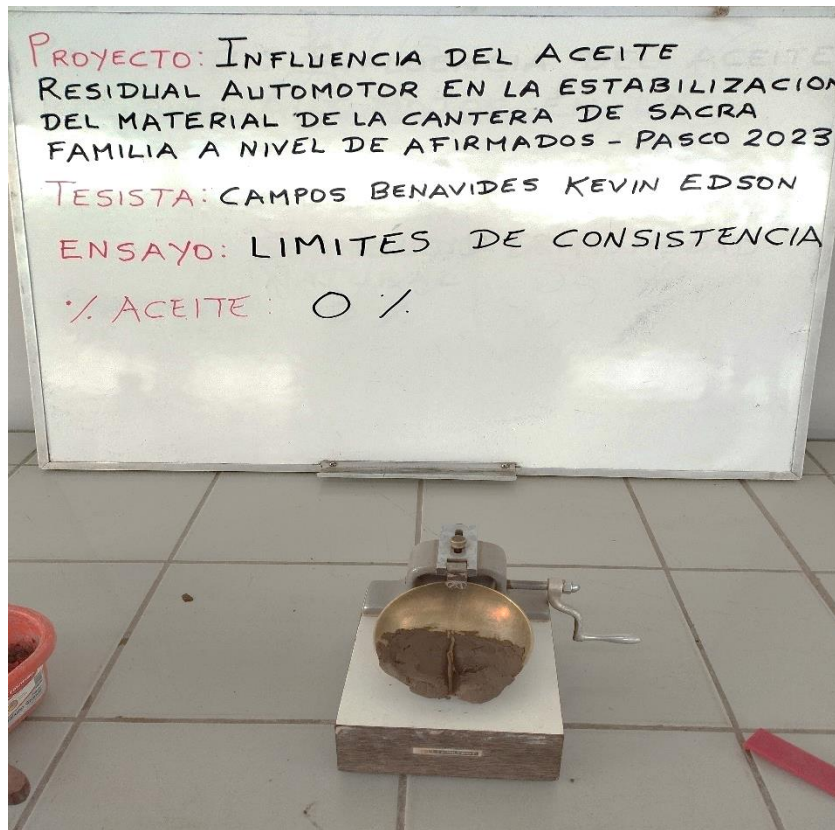


FOTOGRAFIA N°13: Materiales para los ensayos de límites de consistencia



FOTOGRAFIA N°14: Preparación de la muestra afirmado + aceite





FOTOGRAFIA N°15: Colocación de la muestra en la copa de Casagrande



FOTOGRAFIA N°16: Pesado de la muestra



FOTOGRAFIA N°17: Amasado de la muestra para limite plástico



FOTOGRAFIA N°18: Secado de la muestra para determinación de los límites de consistencia

## PROCTOR MODIFICADO



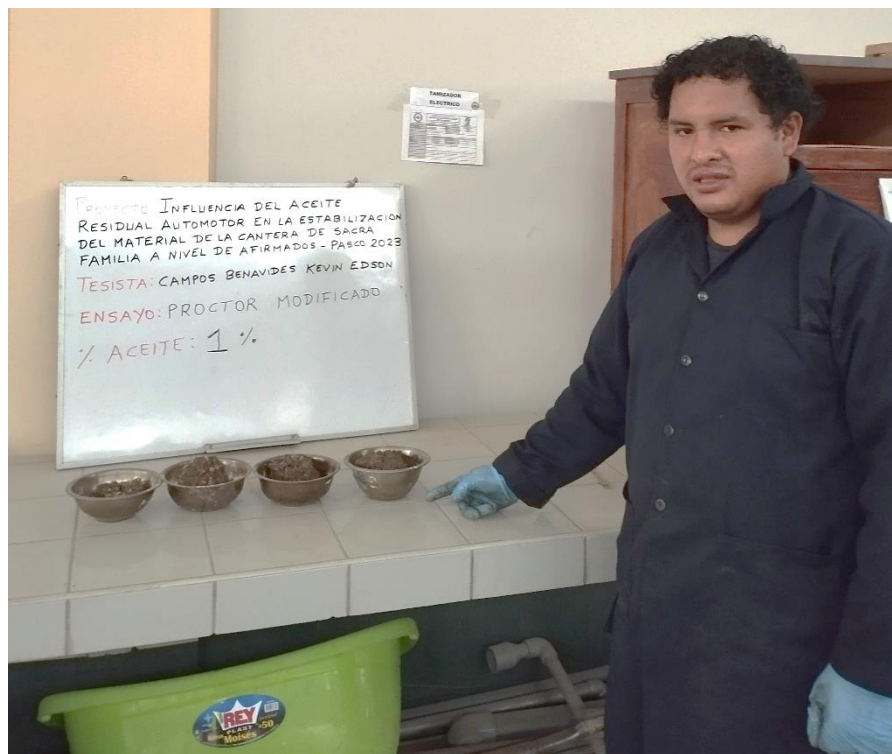
FOTOGRAFIA N°19: Materiales ensayo de Proctor modificado



FOTOGRAFIA N°20: Preparación de materiales ensayo de Proctor modificado + aceite



FOTOGRAFIA N°21: Compactación del suelo con martillo Proctor



FOTOGRAFIA N°22: Toma de muestra para secado y determinación de densidad máxima seca

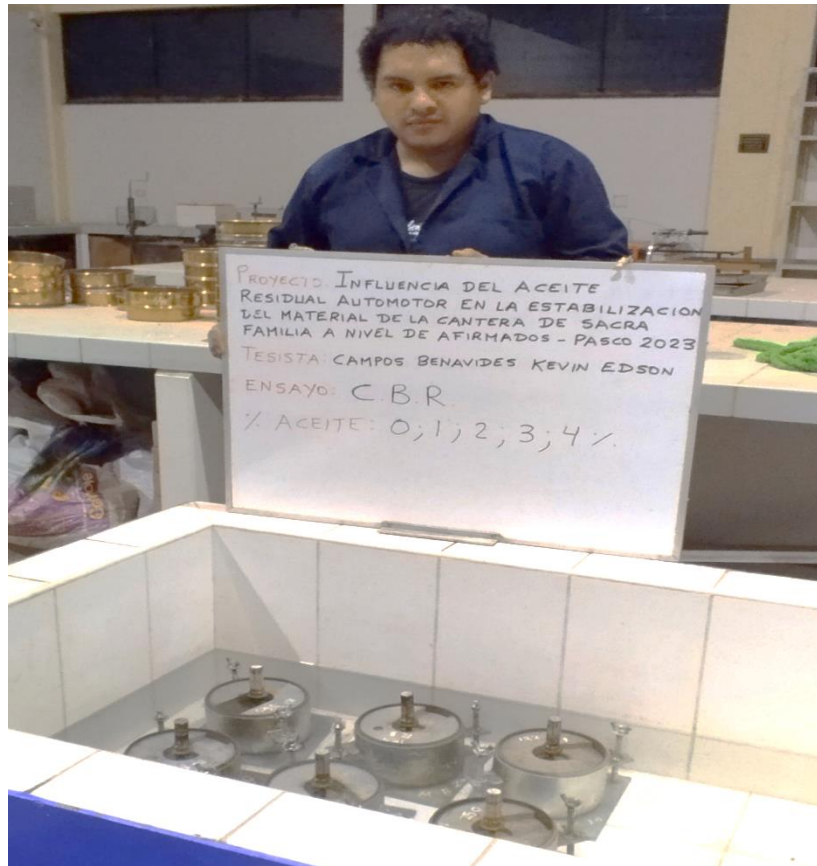
## ENSAYO DE CBR



FOTOGRAFIA N°23: Materiales para el ensayo de CBR



FOTOGRAFIA N°24: Compactación a los 10, 25 y 56 golpes



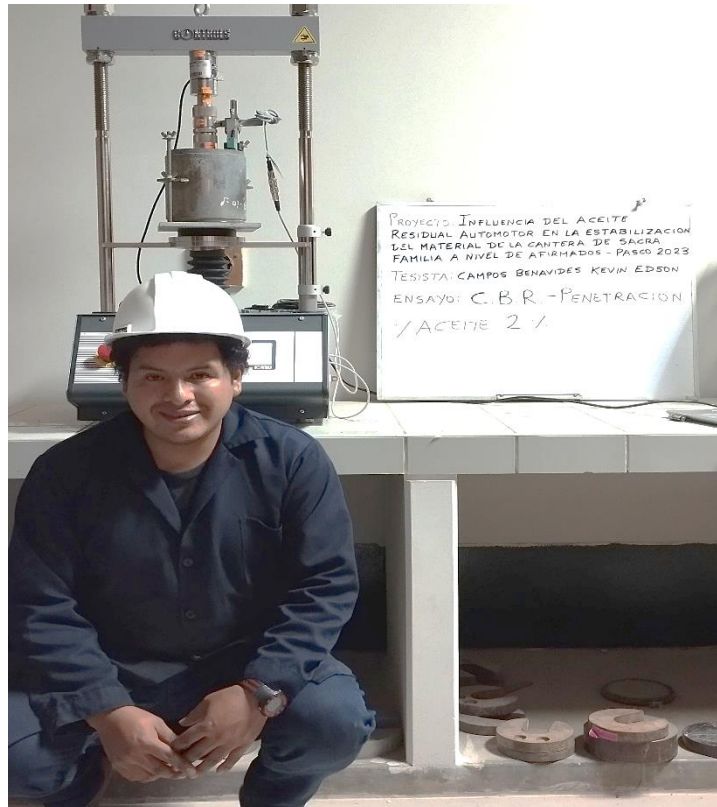
FOTOGRAFIA N°25: Saturación de los moldes con afirmado por 72 horas



FOTOGRAFIA N°26: Colocación del molde para ensayo de Penetración del suelo afirmado



FOTOGRAFIA N°27: Suelo ensayado



FOTOGRAFIA N°28: Ensayo de Penetración del suelo afirmado

**ANEXO 04**  
**CONSENTIMIENTO**  
**INFORMADO**





**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Título de la investigación: INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023.


La presente investigación es conducida por el tesista Kevin Edson CAMPOS BENAVIDES, Bachiller de la Escuela de formación profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil.

Señor..... WILDER HAROLO ROSAS TRINIDAD .....  
 representante de la cantera..... TRES ESTRELLAS ..... Ubicado en el centro poblado de Sacra Familia, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco, solicito la autorización para la toma de muestras y aplicación del proyecto de investigación INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023, con la finalidad de realizar pruebas experimentales en laboratorio.

**Consentimiento/ Participación voluntaria**

Yo..... WILDER HAROLO ROSAS TRINIDAD .....  
 con DNI..... 42344056 ....., he leído la información proporcionada, o me ha sido leída y consiento brindar la toma de muestras de la cantera ..... TRES ESTRELLAS ..... ubicado en el centro poblado de Sacra Familia, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco para la aplicación del proyecto de investigación **INFLUENCIA DEL ACEITE RESIDUAL AUTOMOTOR EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LA CANTERA DE SACRA FAMILIA A NIVEL DE AFIRMADOS - PASCÓ 2023.**

Sacra Familia, 05 de Agosto del 2023

  
 \_\_\_\_\_  
 Bach/Ing. Kevin Edson CAMPOS BENAVIDES  
 DNI: 71387749  
 INVESTIGADOR

  
 \_\_\_\_\_  
 Sr. WILDER HAROLO ROSAS TRINIDAD  
 DNI: 42344056  
 REPRESENTANTE DE LA CANTERA EN  
 SACRA FAMILIA