

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



#### **TESIS**

**“INFLUENCIA DE CEMENTO Y ACEITE SULFONADO, COMO  
AGENTES ESTABILIZADORES DE AFIRMADO EN EL CAMINO  
VECINAL EMP. CA. 1459 (LA COLPA)- AGOPAMPA HUACARIZ,  
HUACARIZ- AGOCUCHO”**

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

#### **AUTOR:**

Bach. EDSON JAIR TASILLA MENDOZA

#### **ASESOR:**

Ing. LUCIO MARCIAL SIFUENTES INOSTROZA

CAJAMARCA – PERÚ

2023

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme tranquilidad en el corazón y guiarme, además, por darle salud a mis seres queridos, permitiendo así ver el logro de culminar la presente tesis.

A mis padres, por sus enseñanzas, su gran paciencia y arduo trabajo para convertirme en un hombre de bien, por apoyarme incansablemente y guiarme hacia mis objetivos, especialmente a una mujer maravillosa e incansable, mi madre, ya que siempre me cuida me apoya y me ama sobre todas las cosas, lo hace sin condición alguna; es la mejor madre del mundo.

Al Ing. Lucio Sifuentes Inostroza, por su guía y enseñanzas a lo largo de la presente tesis.

A la Universidad Nacional de Cajamarca y a la escuela de Ingeniería Civil, me llevo muchos recuerdos y conocimientos preciados, que forjaron mi camino profesional.

## CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	i
<b>CONTENIDO</b> .....	ii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.3 HIPÓTESIS.....	1
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.5 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.6 ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.6.1 Alcances .....	2
1.6.2 Delimitación .....	2
1.6.3 Limitaciones.....	2
1.7 OBJETIVOS.....	3
1.7.1 Objetivo General.....	3
1.7.2 Objetivos Específicos.....	3
1.8 Estructura De La Tesis .....	3
<b>2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS .....	5
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	5
2.1.2 Antecedentes Nacionales .....	5
2.1.3 Antecedentes Locales.....	6
2.2 BASES TEÓRICAS.....	7
2.2.1 Los suelos .....	7
2.2.2 Clasificación del suelo .....	10
2.2.3 Ensayos en mecánica de suelos.....	17
2.2.4 Estabilización de suelos con cemento y aceite sulfonado .....	24
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	28
<b>3 CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	30
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	30
3.2 ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN .....	34
3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	35
3.3.1 Tipo, nivel y diseño de investigación.....	35
3.3.2 Población y muestra del estudio .....	35
3.3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.3.4 Procedimiento.....	38
3.3.5 Tratamiento, análisis de datos y presentación de los resultados.....	39
<b>4 CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	49

4.1	MATERIAL SIN ADITIVO.....	49
4.2	MATERIAL CON ADITIVOS .....	49
4.2.1	Material +1 bolsa/m3 (cemento)+0.25 lt/m3 aceite sulfonado (Proes).....	49
4.2.2	Material +1 bolsa/m3 (cemento)+0.30 lt/m3 aceite sulfonado (Proes).....	49
4.2.3	Material +1 bolsa/m3 (cemento)+0.35 lt/m3 aceite sulfonado (Proes).....	50
4.2.4	Material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.40 lt/m3 aceite sulfonado (Proes).....	50
4.3	CONTRASTACIÓN CON LA HIPÓTESIS.....	50
5	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	52
5.1	CONCLUSIONES .....	52
5.2	RECOMENDACIONES.....	52
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
	Apéndice.....	56
	Apéndice 01: Panel Fotográfico.....	56
	Apéndice 02: Ensayos En Laboratorio.....	66
	Contenido De Humedad Según ASTM D2216, AASHTOT 265 .....	66
	Límites De Atterberg ASTM D4318 Y AASHTOT 89.....	67
	Análisis Granulométrico ASTM D 422 AASHTOT 88.....	69
	Proctor Modificado ASTM D1557 AASHTOT 180.....	74
	Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 AASHTOT 193.....	77
	Límites De Atterberg ASTM D4318 AASHTOT 89 material+1 bolsas/m3 (cemento)+0.25 lt/m3 aceite sulfonado (proes) .....	84
	Proctor Modificado ASTM D1557 AASHTOT 180 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.25 aceite sulfonado lt/m3(proes).....	87
	Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 AASHTOT 193 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.25 aceite sulfonado lt/m3(proes).....	90
	Límites De Atterberg ASTM D4318 AASHTOT 89 material+1 bolsas/m3 (cemento)+0.30 lt/m3 aceite sulfonado (proes) .....	97
	Proctor Modificado ASTM D1557 AASHTOT 180 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.30 lt/m3 aceite sulfonado (proes) .....	100
	Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 AASHTOT 193 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.30 lt/m3 aceite sulfonado (proes).....	103
	Límites De Atterberg ASTM D4318 AASHTOT 89 material+1 bolsas/m3 (cemento)+0.35 lt/m3 aceite sulfonado (proes) .....	110
	Proctor Modificado ASTM D1557 AASHTOT 180 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.35 lt/m3 aceite sulfonado (proes).....	112
	Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 AASHTOT 193 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.35 lt/m3 aceite sulfonado (proes).....	115
	Límites De Atterberg ASTM D4318 AASHTOT 89 material+1 bolsas/m3 (cemento)+0.40 lt/m3 aceite sulfonado (proes) .....	122
	Proctor Modificado ASTM D1557 AASHTOT 180 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.40 lt/m3 aceite sulfonado (proes).....	125
	Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 AASHTOT 193 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.40 lt/m3 aceite sulfonado (proes).....	127

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Clasificación de un suelo según el tamaño de sus partículas.....	7
<b>Tabla 2</b>	Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad.....	10
<b>Tabla 3</b>	Condición del suelo de caminos según su índice de grupo.....	11
<b>Tabla 4</b>	Sistema de clasificación AASHTO.....	14
<b>Tabla 5</b>	Símbolos para identificación de suelos SUCS.....	15
<b>Tabla 6</b>	Grupos de suelos clasificado según SUCS.....	16
<b>Tabla 7</b>	Correlación entre clasificación de suelos AASHTO y SUCS.....	17
<b>Tabla 8</b>	Tipos de curvas según su granulometría.....	18
<b>Tabla 9</b>	Requerimientos de calidad para material de afirmado.....	20
<b>Tabla 10</b>	Especificaciones de tipos de estabilizadores y parámetros.....	20
<b>Tabla 11</b>	Cargas Unitarias patrón – CBR.....	24
<b>Tabla 12</b>	Dosificación de cemento por tipo de suelo.....	25
<b>Tabla 13</b>	Cartilla dosificación de aditivo PROES.....	26
<b>Tabla 14</b>	Ubicación geográfica del proyecto de investigación.....	30
<b>Tabla 15</b>	Coordenadas UTM del proyecto de investigación.....	30
<b>Tabla 16</b>	Ensayos a realizar a las muestras.....	36
<b>Tabla 17</b>	Coordenadas UTM de las calicatas realizadas.....	38
<b>Tabla 18</b>	Resultados de ensayo Contenido de humedad.....	39
<b>Tabla 19</b>	Resultados de ensayo análisis granulométrico.....	40
<b>Tabla 20</b>	Resultado de ensayo límites de Atterberg de la muestra sin aditivos.....	40
<b>Tabla 21</b>	Límites de Atterberg de la muestra +1Bols/m <sup>3</sup> cemento+0.25l/m <sup>3</sup> aceite sulfonado (proes).....	40
<b>Tabla 22</b>	Límites de Atterberg de la Muestra +1Bols/m <sup>3</sup> cemento+0.30l/m <sup>3</sup> aceite sulfonado (proes).....	40
<b>Tabla 23</b>	Límites de Atterberg de la Muestra +1Bols/m <sup>3</sup> cemento+0.35l/m <sup>3</sup> aceite sulfonado (proes).....	41
<b>Tabla 24</b>	Límites de Atterberg de la Muestra +1Bols/m <sup>3</sup> cemento+0.40l/m <sup>3</sup> aceite sulfonado (proes).....	41
<b>Tabla 25</b>	Clasificación del afirmado según AASHTO y SUCS.....	41
<b>Tabla 26</b>	Densidad máxima seca y contenido de humedad óptimo de Calicata 01 en diferentes dosificaciones.....	41
<b>Tabla 27</b>	Densidad máxima seca y contenido de humedad óptimo de Calicata 02 en diferentes dosificaciones.....	42
<b>Tabla 28</b>	Densidad máxima seca y contenido de humedad óptimo de Calicata 03 en diferentes dosificaciones.....	42

<b>Tabla 29</b> Densidad máxima seca y contenido de humedad óptimo de Calicata 04 en diferentes dosificaciones. ....	42
<b>Tabla 30</b> CBR de las calicatas sin aditivos. ....	43
<b>Tabla 31</b> CBR de Calicatas con aditivos, 1 Bol/m <sup>3</sup> (Cemento)+0.25 Lt/m <sup>3</sup> aceite sulfonado (proes). ....	43
<b>Tabla 32</b> CBR de Calicatas con aditivos, 1 Bol/m <sup>3</sup> (Cemento)+0.30 Lt/m <sup>3</sup> aceite sulfonado (proes). ....	43
<b>Tabla 33</b> CBR de Calicatas con aditivos, 1 Bol/m <sup>3</sup> (Cemento)+0.35 Lt/m <sup>3</sup> aceite sulfonado (proes). ....	43
<b>Tabla 34</b> CBR de Calicatas con aditivos, 1 Bol/m <sup>3</sup> (Cemento)+0.40 Lt/m <sup>3</sup> aceite sulfonado (proes). ....	44
<b>Tabla 35</b> Comparativo de CBR en las diferentes calicatas al 95% de la DMS y penetración 0.1". ....	44
<b>Tabla 36</b> Comparativo de CBR en las diferentes calicatas al 100% de la DMS y penetración 0.1". ....	45
<b>Tabla 37</b> Comparativo de CBR en las diferentes calicatas al 95% de la DMS y penetración 0.2". ....	46
<b>Tabla 38</b> Comparativo de CBR en las diferentes calicatas al 100% de la DMS y penetración 0.2". ....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Cálculo del Límite Líquido de un suelo (N° golpes Vs Humedad %). ....	9
<b>Figura 2:</b> Tipos de curvas granulométricas. ....	18
<b>Figura 3:</b> Curva para cálculo de índice de CBR. ....	23
<b>Figura 4:</b> Comportamiento de una base cementada con y sin aditivo proes. ....	27
<b>Figura 5:</b> Ubicación geográfica de la investigación. ....	31
<b>Figura 6:</b> Mapa Climático. ....	32
<b>Figura 7:</b> mapa hidrográfico del proyecto de investigación. ....	33
<b>Figura 8:</b> Mapa Geológico en la zona de investigación. ....	34
<b>Figura 9:</b> Gráfica comparativa de la variación del CBR 95 % DMS con 0.1" de penetración vs diferentes dosificaciones. ....	44
<b>Figura 10:</b> Gráfica comparativa de la variación del CBR 100 % DMS con 0.1" de penetración vs diferentes dosificaciones. ....	45
<b>Figura 11:</b> Gráfica comparativa de la variación del CBR 95 % DMS con 0.1" de penetración vs diferentes dosificaciones. ....	46

<b>Figura 12:</b> Gráfica comparativa de la variación del CBR 100 % DMS con 0.1” de penetración vs diferentes dosificaciones. ....	47
<b>Figura 13:</b> Calicatas en el camino vecinal Emp CA 1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho.....	56
<b>Figura 14:</b> Ensayo de laboratorio - contenido de humedad. ....	57
<b>Figura 15:</b> Ensayo de laboratorio – análisis granulométrico - tamizado.....	57
<b>Figura 16:</b> Ensayo de laboratorio – análisis granulométrico – peso de material retenido....	58
<b>Figura 17:</b> Ensayo de laboratorio – límites de Atterberg – tamizado por la malla N° 40.....	58
<b>Figura 18:</b> Ensayo de laboratorio – límites de Atterberg – límite líquido. ....	59
<b>Figura 19:</b> Ensayo de laboratorio – límites de Atterberg – límite plástico.....	59
<b>Figura 20:</b> Ensayo de laboratorio – límites de Atterberg – límite plástico – muestras al horno.....	60
<b>Figura 21:</b> Ensayo de laboratorio – Proctor modificado – tamizado de la muestra. ....	60
<b>Figura 22:</b> Ensayo de laboratorio – Proctor modificado – peso de agua usada. ....	61
<b>Figura 23:</b> Ensayo de laboratorio – Proctor modificado – mezclado uniforme de muestra y agua.....	61
<b>Figura 24:</b> Ensayo de laboratorio – Proctor modificado – compactación por capas en el molde.....	62
<b>Figura 25:</b> Ensayo de laboratorio – Proctor modificado –peso de la muestra. ....	62
<b>Figura 26:</b> Ensayo de laboratorio – California Bearing Ratio CBR –preparación de la muestra sin aditivos. ....	63
<b>Figura 27:</b> Ensayo de laboratorio – California Bearing Ratio CBR –preparación de la muestra con cemento. ....	63
<b>Figura 28:</b> Ensayo de laboratorio – California Bearing Ratio CBR –preparación de la muestra con cemento y aceite. ....	64
<b>Figura 29:</b> Ensayo de laboratorio – California Bearing Ratio CBR –carga penetración.....	64
<b>Figura 30:</b> Ensayo de laboratorio – California Bearing Ratio CBR –carga penetración final. ....	65

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de aceite sulfonado y cemento en el afirmado del camino vecinal Emp. CA-1459 (la colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho, para lo cual se realizó la excavación de 04 calicatas a lo largo del camino vecinal de las cuales se obtuvo las muestras de afirmado, luego se realizó los ensayos de contenido de humedad según MTC E108, análisis granulométrico MTC E107, límite líquido MTC E110, límite plástico MTC E111, clasificación según el sistema AASHTO y SUCS, Proctor modificado MTC E115 y CBR MTC E132; además se usó la combinación de dos aditivos en las dosificaciones de 1 bolsa/m<sup>3</sup> de cemento portland tipo I y 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 litros/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado (proes) con el fin de mejorar el CBR y así verificar la hipótesis que el uso de estos aditivos aumenta la capacidad de soporte del afirmado en un 20%; los resultados de CBR sin aditivo son; C1: 42.06%, C2: 41.25%, C3: 36.07%, C4: 41.25%; al incluir aditivos en la dosificación de 1 bolsa/m<sup>3</sup> de cemento portland tipo I y 0.40 litros/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado (proes) el CBR alcanzó sus valores máximos y son; C1: 149.77%, C2: 145.15%, C3: 138.65%, C4: 147.65%; analizando los resultados anteriores se puede observar que el aumento del CBR es directamente proporcional al aumento de aditivos, el aumento entre diferentes proporciones de aditivos hace variar al CBR entre un 19.73% a 36.39%, se concluye que el uso de los aditivos influye positivamente en el afirmando, aumentando su CBR en más de 20%.

**Palabras clave:** CBR, aceite sulfonado, cemento, afirmado.



## ABSTRACT

The objective of this investigation is to evaluate the influence of sulfonated oil and cement on the affirmation of the neighbor Emp. CA-1459 (the clay lick)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho, 04 test pits were located and excavated along the local road from which the affirmed samples were obtained, then the moisture content tests were carried out according to MTC E108, MTC E107 Sieve Analysis, MTC E110 Liquid Limit, MTC E111 Plastic Limit, AASHTO and SUCS Classification, MTC E115 and CBR Modified Proctor E132; In addition, the combination of two additives was used in the dosages of 1 bag/m<sup>3</sup> of type I portland cement and 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 liters/m<sup>3</sup> of sulfonated oil (PROES) in order to improve the CBR and thus verify the hypothesis that the use of these additives increases the support capacity of the affirmed by 20%; CBR results without son additive; C1: 42.06%, C2: 41.25%, C3: 36.07%, C4: 41.25%; By including additives in the dosage of 1 bag/m<sup>3</sup> of type I portland cement and 0.40 liters/m<sup>3</sup> of sulfonated oil (PROES), the CBR reached its maximum values and they are; C1: 149.77%, C2: 145.15%, C3: 138.65%, C4: 147.65%; Analyzing the previous results, it can be observed that the increase in CBR is directly proportional to the increase in additives, the increase between different proportions of additives makes the CBR vary between 19.73% to 36.39%, it is concluded that the use of additives positively influences the affirming, increasing your CBR by more than 20%.

**Keywords:** CBR, sulfonated oil, cement, affirmed.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los daños observados en los caminos vecinales de todo el territorio peruano se atribuyen a la existencia de suelos de finos, estos suelos, debido a sus propiedades inherentes, poseen una capacidad de soporte reducida y, al interactuar con la humedad, experimentan cambios en su volumen, produciendo deformaciones y desgaste en las vías (Caruajulca, 2018).

La baja capacidad de soporte del afirmado del Camino Vecinal Emp. Ca. 1459, ocasionan inestabilidad y fácil deterioro como, ahuellamiento, baches, hoyos, encalaminado y más patologías; las consecuencias implican costos extras para los transportistas, daño al medio ambiente y peligros para la seguridad de las personas.

La falta de conocimiento sobre las nuevas tecnologías relacionadas con el empleo de aditivos para mejorar las características físicas y mecánicas como el CBR del material de afirmado ha traído consigo desventajas; lo que nos lleva a acelerar los mantenimientos rutinarios, periódicos, reparación y rehabilitación de las vías o caminos.

El afirmado del camino vecinal Emp. CA. 1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho, tiene un bajo CBR; con la estabilización de afirmado utilizando cemento y aceite sulfonado se busca mejorar esta propiedad mecánica.

### **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

En este estudio, se resume el problema de investigación mediante la siguiente interrogante:

¿Cuál es la influencia de cemento y aceite sulfonado, como agentes estabilizadores de material en el camino vecinal Emp CA 1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho?

### **1.3 HIPÓTESIS**

La utilización de cemento y aceite sulfonado, mejora la capacidad de soporte del afirmado del camino vecinal Emp. ca-1459 (la colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho en un 20%.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio aporta información sobre la variación de la capacidad de soporte del afirmado al estabilizarlo con cemento portland tipo I y aceite sulfonado, ayudado a posteriores investigaciones y futuros proyectos de infraestructura vial.

## **1.5 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio tiene relevancia en la aplicación de dos estabilizadores, para lograr un material que resista a las fuerzas externas ocasionadas por el tránsito continuo de vehículos.

## **1.6 ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1 Alcances**

Los resultados obtenidos de la investigación se aplicarán al afirmado del camino vecinal Emp CA 1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho y afirmado con similares características en otros proyectos viales.

### **1.6.2 Delimitación**

El presente proyecto de investigación comprende los sectores de Agopampa, Comunpampa, Huacariz San Antonio y límites de La colpa, del distrito, provincia y región de Cajamarca; dicho tramo comprende una longitud de 6.137 km.

La investigación se elaboró y desarrolló durante un periodo de 5 meses, en lo que comprende recopilación de información, análisis de datos, evaluación de resultados y su interpretación, el inicio de la extracción de afirmado y toma de datos en campo se realizó a partir de noviembre del 2022.

En el presente proyecto de investigación, se usó para la estabilización de afirmado, cemento portland tipo I en dosificación de una 1 bolsa/m<sup>3</sup> y aceite sulfonado proes en dosificaciones de 0.25 Lt/m<sup>3</sup>, 0.30 Lt/m<sup>3</sup> 0.35 Lt/m<sup>3</sup> y 0.40 Lt/m<sup>3</sup>.

### **1.6.3 Limitaciones**

En la presente investigación se presentó la limitación de simular las especificaciones recomendadas por PROES, para el cuidado de la estabilización del afirmado durante el ensayo de CBR, ya que no se puede simular el clima idóneo.

## 1.7 OBJETIVOS

### 1.7.1 *Objetivo General*

- Evaluar la influencia de cemento y aceite sulfonado, como agentes estabilizadores de afirmado en el Camino Vecinal Emp. CA-1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho.

### 1.7.2 *Objetivos Específicos*

- Determinar la capacidad de soporte del afirmado sin aditivos del camino vecinal Emp. CA-1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho.
- Determinar la capacidad de soporte del material con aditivos del camino vecinal Emp. CA-1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho.

## 1.8 ESTRUCTURA DE LA TESIS

La presente investigación tiene la siguiente estructura:

- **Capítulo I:** se aborda la introducción, donde se plantea y formula el problema de investigación, se presenta la hipótesis, se justifica la importancia de la investigación, se delimitan los alcances y limitaciones, y se establecen los objetivos del estudio.
- **Capítulo II:** describe el marco teórico, donde se presentan los antecedentes teóricos relevantes para la investigación y se define la teoría y sus bases fundamentales.
- **Capítulo III:** en este capítulo se lleva a cabo la descripción de los materiales utilizados y se expone la metodología empleada, se detalla el procedimiento de la investigación, se realiza el tratamiento y análisis de los datos recopilados, y se presentan los resultados obtenidos.
- **Capítulo IV:** se efectúa el análisis y discusión de los resultados obtenidos, contrastándolos con la teoría empleada y explicando sus implicaciones.
- **Capítulo V:** corresponde a la exposición de las conclusiones y las recomendaciones contrastando los resultados y objetivos de la presente investigación.
- **Referencias bibliográficas:** se incluye una lista de las fuentes consultadas y citadas a lo largo del trabajo de investigación.
- **Apéndice:** En esta sección se incorporan materiales adicionales que complementan y respaldan la investigación, como tablas, gráficos.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

---

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS**

#### **2.1.1 *Antecedentes Internacionales***

Páez y Díaz (2019), realizaron en Colombia la investigación “Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso”, tuvo como objetivo verificar que la influencia del aceite que ejerce una notable influencia principalmente en la modificación microestructural del material con la consecuencia de pérdida de humedad; para las muestras evaluadas a 0 días, con humedad óptima, la fricción entre partículas y las fuerzas electroquímicas, asociadas a la matriz fina, aportan resistencia durante la aplicación de esfuerzos, este comportamiento da como resultado un aumento de la capacidad de soporte entre 47% y 62%.

Álvarez y Rojas (2020), realizaron en Colombia la investigación “Aplicación de temáticas en ingeniería civil comparación de las alternativas de estabilización con cal, cemento, silicato de sodio y aceite sulfonado para vías terciarias con presencia de arcilla en la Región de la Orinoquía”, concluye que cada uno de los agentes estabilizantes tuvo un efecto positivo en la mejora de la capacidad de soporte del suelo, entre estos, la cal demostró los resultados más favorables, ya que aumentó la capacidad de soporte o CBR del suelo en un 370.11%; en comparación, el silicato de sodio, el aceite sulfonado y el cemento también mostraron mejoras, pero en menor medida, con aumentos de 144.57%, 109.78% y 176.09% respectivamente.

García (2019), realizó en Colombia la investigación “Estudio de la técnica de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín”, la conclusión del estudio indica que el cemento se desempeña de manera efectiva como agente estabilizador de suelos, se ha comprobado que cuando se incorporan porcentajes superiores al 8% de cemento en la mezcla, se logra una mejora significativa del 53% en capacidad de soporte del suelo frente a cargas monotónicas.

#### **2.1.2 *Antecedentes Nacionales***

Lalangué (2019), en su tesis “Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la carretera departamental ruta PI- 114 Emp. PE-1N (El Alto–Talara) - Emp. PI-105 (Pariñas), km:08+000.00 - 09+000.00, Talara – Piura, 2019”, concluye que la estabilización con aceite sulfonado más un aditivo sólido (cal), se alcanza un CBR de 8.8%.

Echarri (2022), en su tesis de investigación “Influencia del aditivo Proes (aceite sulfonado) en la estabilización del material de cantera como afirmado del camino vecinal

Chitapampa-Kallarayan- Patabamba, Cusco - 2022”, según los resultados de la investigación, se determina que la incorporación del aceite sulfonado Proes en el ensayo CBR produce un aumento significativo en los valores, en comparación con las muestras naturales, se observa un incremento del 41%, además, al combinar el aceite sulfonado Proes con cemento, se alcanzan mejoras aún más notables, con aumentos del 120.4% y 128.4%, estos resultados muestran un mejor desempeño en las propiedades mecánicas del suelo, especialmente debido a la presencia de gravas mezcladas con cemento.

Hidalgo y Cadenillas (2021), en su tesis de investigación “Aplicación de los aditivos PROES y CONAID, su relación con la mejora del CBR en la subrasante de la carretera Pilluana-Paraíso, Provincia de Picota, Departamento de San Marín” observa el comportamiento de la muestra de suelo mas los aceites sulfonados PROES y CONAID, donde llega a concluir que el porcentaje de CBR aumenta en un 13% y 10% respectivamente.

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

Gómez y Silva (2020), en su tesis de investigación “Influencia del aceite sulfonado y cemento portland tipo i en la estabilización de la vía Huaylillas – Buldibuyo en la provincia de Pataz, 2020”, en la investigación, se realizaron ensayos de CBR a las muestras incorporando diferentes porcentajes de cemento, que fueron 0.5%, 2%, 3.5% y 5%, junto con una cantidad de 0.30 lts/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado (aditivo líquido) para mejorar las propiedades del suelo, los resultados demostraron que se logró aumentar significativamente el CBR, pasando de un valor inicial de 5.8% a 103.8% en la subrasante, y de 19.61% a 128.7% en la capa superficial de la vía, esto indica una clara mejora en la capacidad de soporte del suelo después de la incorporación de los aditivos de cemento y aceite sulfonado.

Yaun (2023), en su tesis de investigación “Influencia del aditivo proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco – Mesones Muro, Provincia de Bagua, distrito de Imaza” en este estudio, se llevaron a cabo cuatro dosificaciones diferentes de aceite sulfonado Proes: 0.22 lt/m<sup>3</sup>, 0.26 lt/m<sup>3</sup>, 0.30 lt/m<sup>3</sup> y 0.34 lt/m<sup>3</sup>, junto con una dosificación constante de 50 kg/m<sup>3</sup> de cemento. Los resultados obtenidos de las muestras naturales arrojaron valores de CBR de 8.33%, 5.70%, 6.35% y 6.58%; a partir del análisis de los resultados con la aplicación de los aditivos, se pudo concluir que la combinación del aditivo Proes con el cemento mejora la capacidad de soporte del suelo; se observó que la máxima mejora se logra con la dosificación de 0.34 lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado más 50 kg/m<sup>3</sup> de cemento, alcanzando mejoras en el CBR que llegan a los siguientes valores: 63.68%, 39.95%, 27.03% y 25.10%, estos resultados muestran cómo la inclusión de aditivos, especialmente en la dosificación mencionada, pueden mejorar significativamente las propiedades de soporte del suelo.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Los suelos

En términos de ingeniería, el suelo es un material no cementado con granos minerales y partículas sólidas además posee gas y líquido entre los espacios intersticiales, el suelo se usa como material en varios proyectos de ingeniería civil, de ahí la importancia de estudiar el análisis granulométrico, compresión y capacidad de soporte (Braja 2013).

#### 2.2.1.1 Granulometría del suelo

Según el MTC (2014), el análisis granulométrico de un suelo tiene como objetivo determinar las proporciones de sus distintos materiales, estos se clasifican según el tamaño de sus partículas, y se definen tres términos principales: grava, arena y material fino, que comprende limo y arcilla; mediante este análisis, podemos comprender la distribución de tamaños de partículas en el suelo y obtener información valiosa sobre sus características y comportamiento.

**Tabla 1**

*Clasificación de un suelo según el tamaño de sus partículas.*

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

**Fuente:** MTC 2014:33.

El MTC (2014), contempla los términos “grava”, “arena” y “limo – arcilla” según:

- Grava: se refiere al material que pasa a través de un tamiz con una abertura de 75 mm (3") y se retiene en el tamiz con una abertura de 2 mm (No. 10).
- Arena gruesa: hace referencia al material que pasa por el tamiz con una abertura de 2 mm (No. 10) y se retiene en el tamiz con una abertura de 0.425 mm (No. 40).



- Arena fina: se refiere al material que pasa por el tamiz con una abertura de 0.425 mm (No. 40) y se retiene en el tamiz con una abertura de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200).
- Limo - arcilla (combinación de limo y arcilla): engloba el material que pasa por el tamiz con una abertura de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200).

Además, se establece que el concepto de "limoso" se aplica cuando el índice de plasticidad es igual o menor a 10, mientras que el término "arcilloso" se usa cuando el índice de plasticidad es igual o mayor a 11.

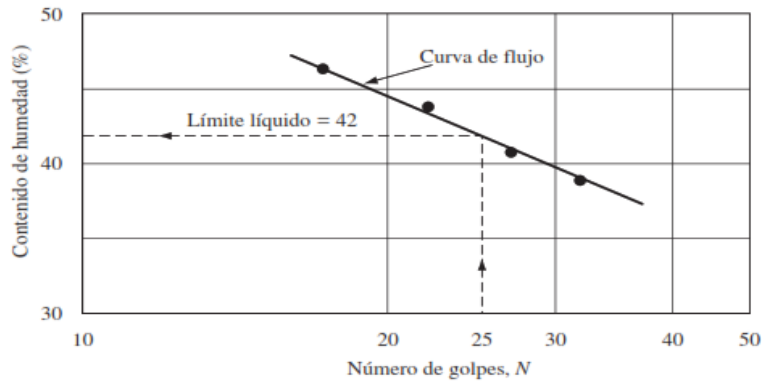
### **2.2.1.2 Límites de consistencia del suelo**

El MTC (2014), determina que los límites de consistencia es la sensibilidad del comportamiento de un suelo en función de su contenido de humedad, y se establecen los límites que corresponden a tres estados de consistencia distintos, de acuerdo con su contenido de humedad; de esta manera, un suelo puede presentarse en estado líquido, plástico o sólido, los límites que definen estos estados de consistencia son los siguientes:

#### **2.2.1.2.1 Límite líquido (LL).**

Según Juárez y Rico (2005), el límite líquido de un suelo se refiere al contenido de humedad en el cual el suelo transita del estado semilíquido al estado plástico, para determinar este límite, se utiliza la copa de Casagrande, que consiste en una copa de bronce donde se coloca una muestra de suelo hasta la altura de 1cm y se deja caer periódicamente hasta que golpea la base; la muestra de suelo en la copa se ranura mediante un acanalador, el contenido de agua del suelo al cerrar la ranura en el fondo de la copa después de haberle dado 25 golpes, representa el valor del límite líquido.

Según Juárez y Rico (2005), para encontrar este contenido de humedad con 25 golpes, se realiza el ensayo varias veces con pastas de suelo de diferentes consistencias, luego, se ubican los resultados en un gráfico específico, donde se puede obtener el valor del límite líquido buscado, este proceso permite determinar con precisión el contenido de humedad en el cual el suelo cambia su comportamiento de semilíquido a plástico.



**Figura 1:** Cálculo del Límite Líquido de un suelo (Nº golpes Vs Humedad %).

**Fuente:** Braja 2013:67.

### 2.2.1.2.2 Límite plástico (LP).

Según Juárez y Rico (2005), el límite plástico del suelo se refiere al contenido de humedad en el cual el suelo cambia de un estado plástico a un estado semisólido y comienza a romperse, este valor se expresa como un porcentaje en relación al peso del suelo seco, la determinación del límite plástico se realiza mediante el ensayo de moldeabilidad, donde se moldea una muestra de suelo hasta obtener rollos de 3.2 mm de diámetro, para realizar este ensayo, se toma aproximadamente 80 gramos de suelo previamente secado al aire y que ha pasado por la malla N° 40, luego, se agrega agua gradualmente hasta que el suelo adquiere la consistencia adecuada para moldear los rollitos el contenido de agua en este punto representa el límite plástico del suelo; la fórmula es:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Dónde:

Ww: Peso del agua presente en la muestra. Se calcula mediante la diferencia entre el peso de la muestra húmeda y el peso de la muestra seca.

Ws: Peso de la muestra seca.

### 2.2.1.3 Índices obtenidos a partir de los límites de consistencia

#### 2.2.1.3.1 Índice de plasticidad.

El MTC (2014) indica que, es un valor utilizado para medir la plasticidad de un suelo se obtiene al restar el límite plástico del límite líquido.

$$IP = LL - LP \dots (1)$$

Donde:

LL: límite líquido

LP: límite plástico

Según El MTC (2014), El índice de plasticidad (IP) es un parámetro que refleja el rango de humedades en el cual un suelo exhibe su consistencia plástica y proporciona facilidad a la clasificación del mismo, un valor alto de IP indica un suelo altamente arcilloso, mientras que un valor bajo sugiere un suelo con baja cantidad de arcilla, en función del índice de plasticidad, los suelos pueden clasificarse de la siguiente manera:

**Tabla 2**

*Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad.*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	suelos arcillosos
IP > 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP < 7	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla
IP = no se puede determinar		

**Fuente:** MTC 2014:34.

Según Crespo (2004), la plasticidad es una característica de los suelos que les permite deformarse hasta cierto límite sin fracturarse, y a través de esta propiedad, se evalúa el comportamiento del suelo en diferentes condiciones a lo largo del tiempo; en particular, las arcillas muestran esta propiedad en diferentes grados.

Según El MTC (2014), es importante considerar que el contenido de arcilla en un suelo puede representar un riesgo significativo tanto para la subrasante como para la estructura de afirmado, esto se debe principalmente a la alta sensibilidad de la arcilla al agua.

## **2.2.2 Clasificación del suelo**

### **2.2.2.1 Sistema de clasificación AASHTO**

La AASHTO M 145 – 91, establece un método de clasificación del suelo en siete grupos distintos, tomando en cuenta la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad, la evaluación del suelo en cada grupo se realiza mediante el cálculo del "índice de grupo" y está ligado en gran parte en los límites de Atterberg, este se obtiene a partir de la fórmula descrita:

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005 (LL - 40)] + 0.01 (F - 15)(IP - 10)$$

Donde:

IG: índice de grupo

F: porcentaje que pasa el tamiz 75  $\mu$ m (No. 200), expresado como un número entero.

Este porcentaje está basado solo en el material que pasa el tamiz 75 mm (3").

LL: límite líquido

IP: índice de plasticidad

El índice de grupo contempla algunas consideraciones relevantes:

Según La AASHTO M 145 – 91, se presentan dos términos; en el primero, (F-35)[0.2+0.005(LL-40)], podemos observar que es el índice parcial de grupo calculado con el LL; el segundo ,0.01(F-15)(IP-10), determinado por el índice de plasticidad; para los suelos de los subgrupos A-2-6 y A-2-7, solo se utiliza el segundo término en el cálculo.

El MTC (2014), establece que en la clasificación del índice de grupo, se considera crítico un límite líquido igual o superior a 40 y un índice de plasticidad igual o superior a 10, el resultado del índice de grupo se debe informar como el número entero más cercano, además no existe un límite superior para el valor del índice de grupo obtenido mediante la fórmula antes mencionada; establece un índice de grupo de cero significa un suelo muy bueno y un índice  $\geq$  a 20, es un suelo no utilizable para caminos:

**Tabla 3**

*Condición del suelo de caminos según su índice de grupo.*

Índice de Grupo	Suelo de caminos
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

**Fuente:** MTC 2014:35.

Según la AASHTO M 145 – 91, en la clasificación de los suelos, se consideran diferentes grupos y subgrupos, basados en la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad; a continuación, detallo los principales grupos y subgrupos:

Grupo A – 1: este grupo consiste en una mezcla bien gradada de fragmentos de roca o grava, arena gruesa, arena fina y material aglutinante no plástico o ligeramente plástico, también puede incluir fragmentos de roca, grava y otros materiales sin material aglutinante.

Subgrupo A – 1 – a: compuesto principalmente por fragmentos de roca o grava bien gradada, con o sin material aglutinante.

Subgrupo A – 1 – b: compuesto principalmente por arena gruesa bien gradada, con o sin material aglutinante.

Según AASHTO M 145 – 91, el grupo A – 2: este grupo abarca una variedad de materiales granulares que se encuentran en el límite entre los grupos A – 1 y A – 3, así como materiales limo-arcillosos de los grupos A – 4, A – 5, A – 6 y A – 7; los suelos de este grupo contienen un 35 por ciento o menos de material que pasa el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) y no se pueden clasificar como A – 1 o A – 3 debido a su contenido de finos o plasticidad que excede las limitaciones para esos grupos, este grupo se divide en:

Subgrupos A – 2 – 4 y A – 2 – 5: contienen materiales granulares con un porcentaje menor a 0.425 mm (No. 40) y presentan características similares a los grupos A – 4 y A – 5.

Subgrupos A – 2 – 6 y A – 2 – 7: incluyen materiales semejantes a los subgrupos A – 2 – 4 y A – 2 – 5, pero con una porción fina que contiene arcilla plástica, similar a los grupos A – 6 o A – 7.

Más del 35 por ciento de material que pasa el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) y se dividen en los siguientes grupos:

Según AASHTO M 145 – 91, el grupo A – 3: compuesto por arena fina, sin finos de limo o arcilla, con escaso limo no plástico; también puede incluir mezclas de arena fina mal gradada; y el grupo A – 4: caracterizado por suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, también incluye mezclas de suelo limoso y un porcentaje elevado de arena y grava retenida en el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (No. 200), además el grupo A – 5: Similar al grupo A – 4, pero la diferencia es que este grupo muestra alta elasticidad debido a su alto límite líquido.

El Según AASHTO M 145 – 91 argumenta que, el grupo A – 6: compuesto por suelo arcilloso plástico con un 75 por ciento o más que pasa el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (No. 200), también puede incluir mezclas de suelo fino arcilloso en un elevado porcentaje de arena y grava retenida en el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (No. 200). Estos suelos suelen tener cambios volumétricos significativos entre el estado húmedo y seco.

Según AASHTO M 145 – 91, el grupo A – 7: Similar al grupo A – 6, pero con un límite líquido característico del grupo A – 5, lo que les confiere propiedades elásticas y altos cambios volumétricos y se dividen en:

Subgrupo A – 7 – 5: Incluye materiales con un índice de plasticidad moderado en relación con el límite líquido, los cuales pueden ser altamente elásticos y experimentar considerables cambios volumétricos.

Subgrupo A – 7 – 6: contiene materiales con un alto índice de plasticidad en relación con el límite líquido, mostrando cambios volumétricos extremadamente altos.

**Tabla 4**

Sistema de clasificación AASHTO.

Clasificación General	Materiales granulares (35% o menos que pasa el tamiz No.200)					Materiales de limo y arcilla (Más del 35% que pasa el tamiz n°200)				
	A-1	A-3		A 2		A-4		A 5	A .6	A 7*
Clasificación de grupo	A 1 a	A 1 b	A 2-4	A 2 5	A 2-6	A 2 7				A-7-5, A-7-6
Análisis por tamices, porcentaje que pasa:										
2.00 mm (No.10)	50 máx	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.425 mm (No.40)	30 máx	50 máx	51 mln	-	-	-	-	-	-	-
75 µm (No.200)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín
características de la fracción que pasa el tamiz 0.425 mm (No. 40)										
Límite líquido	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad	6 máx.	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipos usuales de materiales constitutivos significativos	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosas plásticas			Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación general como subrasante	Excelente a bueno					Regular a malo				

**Fuente:** MTC 2014:36.

### 2.2.2.2 Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Según Hernández (2008), en 1942, Arthur Casagrande fue el autor original de este sistema de clasificación, el cual posteriormente fue revisado y adoptado por el United States Bureau of Reclamation (USBR) y el US Army Corps of Engineers (USACE), actualmente, este sistema es ampliamente utilizado en todos los trabajos geotécnicos, en el Sistema Unificado, se emplean los siguientes símbolos con propósitos de identificación:

**Tabla 5**

*Símbolos para identificación de suelos SUCS.*

Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Areno
M	Limo
C	Arcilla
O	Limos orgánicos y arcilla
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduado
P	Mal graduado
PL	Turba y suelos altamente orgánicos

**Fuente:** DAS 2012:19.

Según Hernández (2008), sistema de clasificación orgánica - mineral de suelos con fines de ingeniería, basado en la determinación en laboratorio de características tales como tamaño de partícula, límite elástico e índice de plasticidad, y se utilizará cuando se requiera una clasificación precisa, como se muestra en la tabla 6, esta clasificación, el sistema distingue 3 divisiones principales de suelo: de grano grueso, de grano fino y altamente orgánico, que se subdividen en solo 15 grupos principales de suelo.



**Tabla 6**  
Grupos de suelos clasificado según SUCS.

Tipo de suelo	Símbolo de grupo	Nombre de grupo	Descripción del material
Suelos de grano grueso (más de 50% retenido en el tamiz No.200)	GW	Grava bien gradada	Mezclas gravosas - poco o ningún material limo Variación en tamaños granulares
	GP	Grava mal gradada	Mezcla de grava - arena - poco o ningún material fino
	GM	Grava limosa	Mezcla de grava - arena -limo
	GC	Grava arcillosa	Mezcla de grava - arena – arcilla, Grava con material fino en cantidad apreciable
	SW	Arena bien gradada	Mezcla de arena bien gradada -grava - poco o ningún material fino. Arena limpia con poco o ningún material fino. amplia variación en tamaños granulares y cantidad de partículas tamaños intermedios.
	SP	Arena mal gradada	Mezcla de arena mal gradada -grava -poco o ningún material fino. un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de Partículas Intermedias
	SM	Arena limosa	Mezcla de arena - limo
	SC	Arena arcillosa	Mezcla de arena - arcilla
	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad	Arcillas gravosas - arcillas arenosas. Arcillas-arenosas. arcillas magras
	Suelos de grano fino (50% o más pasa el tamiz No.200)	ML	Limo inorgánico de baja plasticidad
OL		Arcilla orgánica	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
CH		Limo orgánico de alta plasticidad	Arcillas gruesas
MH		Arcilla inorgánica de alta plasticidad	Limos Inorgánicos, suelos finos limosos o arenosos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánico silíceo), limos elásticos
OH		Arcilla orgánica de alta plasticidad	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos Orgánicos
Suelos altamente orgánicos	PL	Turba	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos

**Fuente:** ASTM D 2487 – 11:2

Relación en la clasificación AASHTO y SUCS, se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 7**

*Correlación entre clasificación de suelos AASHTO y SUCS.*

Clasificación de Suelos AASHTO	Clasificación de Suelos SUCS
AASHTOM-145	ASTM –D-2487
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

**Fuente:** MTC 2014:33

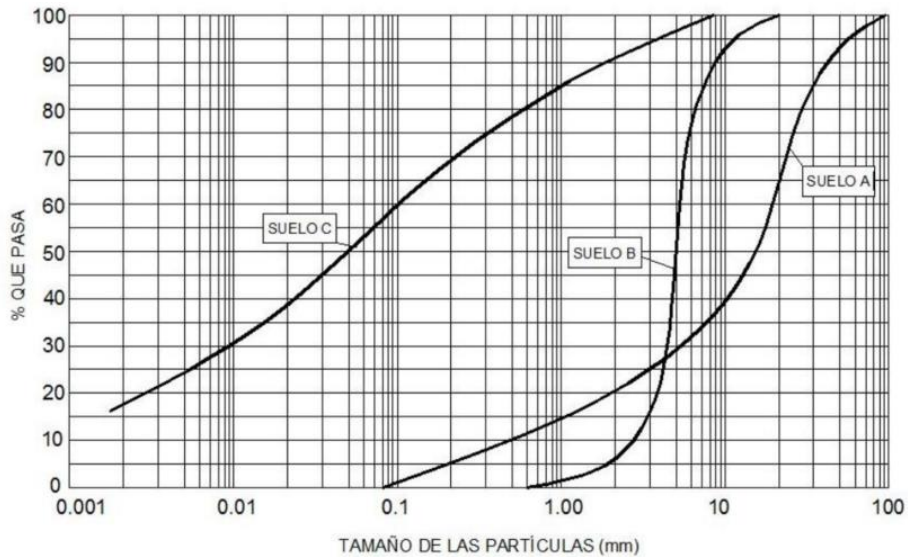
### **2.2.3 Ensayos en mecánica de suelos**

#### **2.2.3.1 Análisis granulométrico**

Juárez y Rico (2005), indica que la granulometría es el proceso de medir los tamaños y pesos de los granos con el objetivo de analizar su origen, sus características mecánicas, estas mediciones se hacen según una escala granulométrica establecida.

##### **2.2.3.1.1 Análisis mecánico del suelo.**

Según El MTC 2014, para determinar la distribución de tamaños de las partículas en una muestra de suelo, se realiza un proceso de tamizado mediante un conjunto de tamices con aberturas de tamaño descendente hasta la malla N° 200 (0.074 mm), se pesan los retenidos en cada tamiz y se suman los porcentajes respecto al peso total de la muestra, luego, el complemento al 100% de esta cantidad representa el porcentaje de suelo que es menor que el tamaño de la malla analizada, de esta manera, se pueden obtener puntos en la curva acumulativa, sin embargo, cuando las aberturas son pequeñas, como en el caso de las mallas N° 100 (0.149 mm) y N° 200 (0.074 mm), el proceso se dificulta y puede requerir el uso de agua para ayudar el paso de la muestra, lo que se conoce como procedimiento de lavado, para tamaños de suelo aún más pequeños, se debe recurrir a otros métodos basados en principios diferentes, uno de los más utilizados es el método del hidrómetro (densímetro), que proporciona un buen grado de detalle en la investigación de estas partículas más finas.



**Figura 2:** Tipos de curvas granulométricas.

**Fuente:** Juárez Badillo, Rico Rodríguez 2005:100.

Un suelo constituido por partículas bien gradadas se encontraría entre las curvas de suelo c y suelo a, mientras que un suelo constituido por partículas mal gradadas se asemejará a la curva de suelo b.

**Tabla 8**

*Tipos de curvas según su granulometría.*

Tipo de Curva	Descripción
Curva A	Suelo bien gradado y de grano grueso
Curva B	Suelo mal gradado, poco uniforme
Curva C	Suelo arcilloso o limoso

**Fuente:** Juárez Badillo, 2005:100.

**2.2.3.1.2 Parámetros de clasificación de un suelo**

Según Hernández (2008), las curvas granulométricas son herramientas fundamentales para analizar las características distintivas de los suelos, por esta razón, existen tres parámetros básicos que se emplean para clasificar el suelo:

- **Diámetro efectivo:** Es un valor que nos permite evaluar el tamaño característico de las partículas presentes en una muestra de suelo.
- **Coefficiente de uniformidad (Cu) o coeficiente de Hazen:** Este parámetro indica la variación del tamaño de las partículas en la muestra de suelo, cuanto mayor sea el valor del coeficiente, mayor será la uniformidad de las partículas.

- Coeficiente de curvatura (Cc): Este coeficiente mide la forma de la curva entre los diámetros D60 y D10 de la muestra de suelo. Si el valor del coeficiente no es igual a 1.0, indica que faltan una serie de diámetros entre los tamaños correspondientes a D60 y D10, lo cual nos proporciona información sobre la gradación del suelo.

Hernández (2008) argumenta que, estos tres parámetros son esenciales para comprender y clasificar adecuadamente un suelo, además se calculan con las siguientes formulas:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}, \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} * D_{60})}$$

Dónde:

- Según nuestra curva dibujada los D10, D30 y D60 son los diámetros de partículas correspondientes al porcentaje que pasa de 10%, 30% y 60% respectivamente.
- Cuando el  $C_u > 4$  (arena) o 6 (grava) y  $1 < C_c < 3$  es un suelo bien gradado.
- Cuando el  $C_u$  es menor a los valores anteriores se dice que su variación de tamaños de partículas es mínima.

### 2.2.3.2 Ensayo Proctor

Según Braja (2013), en el proceso de compactación de suelos, se llevan a cabo pruebas estándar en laboratorio para evaluar los pesos específicos secos máximos y los contenidos óptimos de agua para diferentes tipos de suelos.

#### 2.2.3.2.1 Proctor modificado.

Según EI MTC (2016), la finalidad del ensayo es registrar la relación del contenido de humedad y peso unitario seco, lo que resulta en una curva de compactación, este proceso se lleva a cabo compactando el suelo en un molde de 152,4 mm (6 pulgadas) de diámetro mediante un pisón que ejerce una fuerza de 44,5 N (10 lbf) y cae desde una altura de 457 mm (18 pulgadas), lo que resulta en una energía de compactación de 2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)

METODO "C"

- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).
- Número de capas: 5
- Golpes por capa: 56

- Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg).

### 2.2.3.3 Valor de soporte califonia (CBR)

Hernández (2008), indica que el propósito fundamental de este ensayo es determinar la capacidad de soporte de agregados compactados en un entorno de laboratorio, esto implica emplear una humedad óptima y variar los niveles de compactación, a través de este procedimiento, se busca evaluar la resistencia al soporte de un suelo bajo condiciones específicas de humedad y densidad controlada, lo que permite calcular un porcentaje de la relación de soporte.

La siguiente tabla nos presenta los requerimientos mínimos de calidad para el afirmado:

**Tabla 9**

*Requerimientos de calidad para material de afirmado.*

Ensayo	Requisitos de calidad
Límite Líquido:	35% máx. (MTC E 110)
Índice de Plasticidad:	4-9% (MTC E 111)
CBR (1):	40% mín. (MTC E 132)

**Fuente:** MTC 2013:237

La siguiente tabla nos presenta los requisitos mínimos de calidad para un afirmado estabilizado:

**Tabla 10**

*Especificaciones de tipos de estabilizadores y parámetros.*

Suelo Estabilizado Con	Parámetros
Emulsión Asfáltica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estabilidad Marshall = 230 Kg mínimo (MTC E 504)</li> <li>2. Pérdida de estabilidad después de saturado = 50% máximo</li> <li>3. Porcentaje de recubrimiento y trabajabilidad de la mezcla debe estar entre 50 y 100%</li> </ol>
Cal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CBR' = 100% mínimo (MTC E 115, MTC E 132)</li> <li>2. Expansión s 0.5%</li> </ol>
Sales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CBR' = 100% mínimo, CBR no saturado (MTC E 115, MTC E 132)</li> </ol>

Suelo Estabilizado Con	Parámetros
aceites sulfonados	1. CBR* = 100% mínimo (MTC E 115, MTC E 132) 2. Expansión s 0.5%

**Fuente:** MTC 2015:4

El procedimiento para la prueba es el siguiente:

El MTC 2016 indica que, la preparación de la muestra y los especímenes destinados a la compactación debe realizarse siguiendo los procedimientos delineados en los métodos de prueba NTP 339.141 o NTP 339.142, se determinó usar el método "C".

El MTC 2016 indica que, si la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4 de pulgada) supera el 25% en peso, se procederá a separar el material que quedó retenido en ese tamiz, posteriormente, se reemplazará dicho material por una cantidad equivalente de material que se encuentre comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4 de pulgada) y 4,75 mm (Nº4), el cual será obtenido mediante un proceso de tamizado de otra porción de la muestra.

El MTC 2016 continúa describiendo; la preparación del molde, se compacta el material contenido en el molde, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos descritos, ídem Proctor Modificado), lo que cambia es utilizar en cada molde la proporción de agua y número de golpes para obtener la densidad y humedad deseadas, además indica que, podemos calcular el agua que se debe agregar, realizando una relación de humedad prefijada con la humedad natural, se calcula según:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

H = Humedad prefijada

h = Humedad natural

El MTC 2016 continúa describiendo; es común emplear tres muestras individuales para cada muestra de suelo, en función de si se trata de un suelo granular o cohesivo, en el contexto de esta investigación, se aplica el método para suelos granulares, en este procedimiento, se realizaron pruebas con diferentes números de golpes por capa, específicamente 56, 25 y 12 golpes, mientras se añadía la cantidad óptima de agua, el

propósito es generar un conjunto de curvas que representen la relación entre el peso específico y la relación de capacidad de soporte.

El MTC 2016 continúa describiendo que, si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material de 500 g aproximadamente; una vez terminada la compactación de todas las capas se quita el collar y se enrasa el espécimen, si quedara alguna depresión se toma material sobrante sin material grueso y se rellena de modo que la superficie esté totalmente enrasada.

El MTC 2016 continúa describiendo que, en el proceso de inmersión, se posiciona una placa perforada con un vástago sobre la superficie de la muestra invertida, luego, se colocan anillos adicionales necesarios para generar una sobrecarga que genere una presión equivalente a la que se experimentará debido a las capas de materiales sobre al suelo en prueba, esta sobrecarga debe aproximarse al rango de 2,27 kg, que es equivalente a una pesa estándar en ningún caso, la sobrecarga total debe ser menor a 4,54 kg para asegurar resultados precisos y representativos de las condiciones reales.

El MTC 2016 continúa describiendo que, una vez que el molde ha sido ubicado en su posición, se registra la primera lectura, tomando nota del día y la hora, se procede a sumergir el molde en un tanque con la sobrecarga aplicada, asegurando que el acceso al agua esté despejado tanto por la parte inferior como por la superior de la muestra, durante este proceso de inmersión, la probeta permanece en estas condiciones durante un período de 96 horas, equivalente a 4 días, no obstante, es posible acortar este tiempo si el suelo en cuestión es de tipo granular y el deformímetro no muestra cambios significativos, una vez finalizado el lapso de inmersión, se efectúa una nueva lectura del deformímetro para medir la expansión o hinchamiento, la expansión se calcula como la diferencia entre las lecturas iniciales y finales al final del período sumergido; el valor de esta expansión se expresa como un porcentaje en relación a la altura de la muestra en el molde, que en este caso es de 127 mm, se usa la formula:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$$

Donde

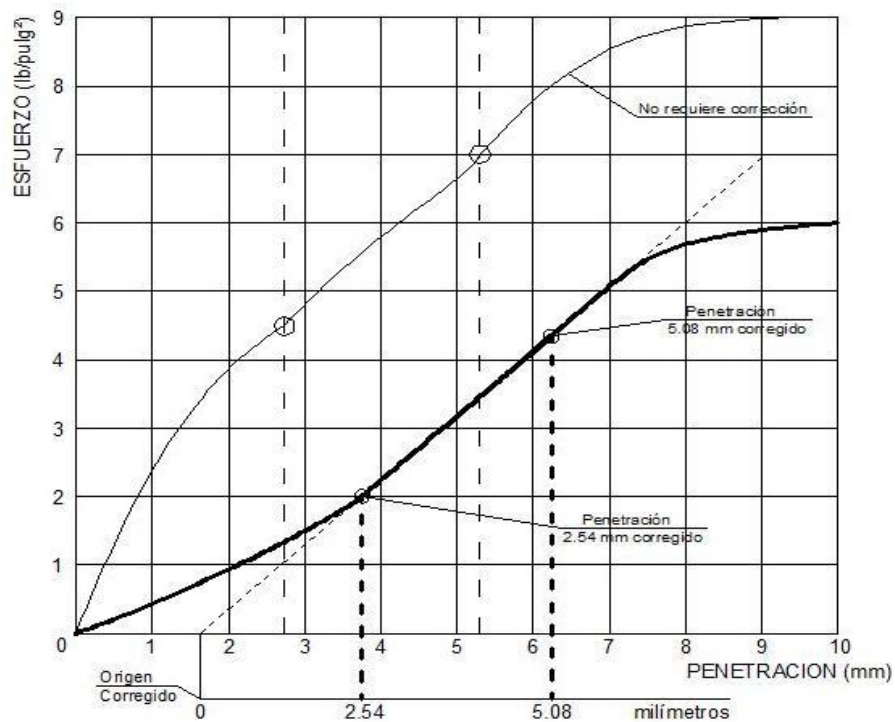
L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm.

El MTC 2016 continúa describiendo que, después del periodo de inmersión se retira el molde del agua drenando el agua por lo menos 15 min, luego se retira los pesos y también la placa perforada, se pesa el molde para luego proceder al ensayo de penetración.

Según NTP 339.145, establece que después de asegurarse de que la muestra esté drenada y en una posición adecuada, se procederá a realizar la prueba de penetración, para ello, se utilizará un pistón con un diámetro de 2 pulgadas la velocidad de penetración aplicada será de aproximadamente 0.05 pulgadas (1.27 mm) por minuto, esto permitirá obtener mediciones de las cargas correspondientes a las siguientes profundidades de penetración: 0.025 pulgadas (0.635 mm), 0.050 pulgadas (1.270 mm), 0.075 pulgadas (1.905 mm), 0.100 pulgadas (2.540 mm), 0.200 pulgadas (5.080 mm), 0.300 pulgadas (7.620 mm), 0.400 pulgadas (10.16 mm) y 0.500 pulgadas (12.70 mm).

El MTC 2016 continúa describiendo que, el esfuerzo es tomado del penetrómetro mientras se va controlando la longitud de penetración, luego se dibuja la curva de esfuerzo vs penetración; si la curva tiene puntos de inflexión el punto cero de la curva se ajusta desplazándola hacia la izquierda para corregir las irregularidades de la superficie, para lo cual se traza una tangente que cortará el eje de abscisas en otro punto, esto ayuda a corregir la forma inicial de la curva, de esta curva se toma las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (véase Figura 3).



**Figura 3:** Curva para cálculo de índice de CBR.

**Fuente:** MTC 2016:256.



El MTC 2016 sigue argumentando, si no presenta punto de inflexión no se corrige la curva y se toman los valores de 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2"), luego se halla el valor de la relación de soporte (índice resistente CBR), el cálculo se realiza comparando el tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el material laboratorio y una muestra patrón con las mismas penetraciones; el MTC nos presenta las características de la muestra patrón en la siguiente tabla:

**Tabla 11**

Cargas Unitarias patrón – CBR.

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

**Fuente:** MTC 2016:255.

El MTC 2016 sigue argumentando que, de la curva se extraen los valores de esfuerzo-penetración correspondientes a las profundidades de 2,54 mm (0,1 pulgadas) y 5,08 mm (0,2 pulgadas), luego, se procede a calcular los valores de relación de soporte correspondientes, este cálculo se realiza al dividir los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia, que son 1000 lb/plg<sup>2</sup> y 1500 lb/plg<sup>2</sup> respectivamente, a continuación, se multiplica este resultado por 100, normalmente, el valor de relación de soporte reportado para el suelo se basa en la penetración de 2,54 mm (0,1 pulgadas), en situaciones donde el valor de relación de soporte para la penetración de 5,08 mm (0,2 pulgadas) resulte ser mayor, se sigue un proceso adicional, se repite el ensayo y si el resultado de esta prueba adicional es similar, se emplea el valor de soporte obtenida para la penetración de 5,08 mm (0,2 pulgadas), este procedimiento garantiza la precisión y confiabilidad de los valores.

## **2.2.4 Estabilización de suelos con cemento y aceite sulfonado**

### **2.2.4.1 Estabilización de suelos**

El MTC (2014) argumenta que, la estabilización de suelos implica el proceso de mejorar tanto las propiedades físicas como mecánicas de un suelo, esto se logra mediante la implementación de métodos mecánicos y la introducción de sustancias químicas, ya sean naturales o sintéticas, por lo general, se recurre a estas técnicas de estabilización en suelos que presentan condiciones deficientes o pobres, estas técnicas son ampliamente reconocidas y se conocen como estabilización de suelo-cemento, suelo-cal, suelo-asfalto, así como otros enfoques con diversos productos químicos ,por otro lado, cuando se realiza la mejora en

suelos con el propósito de crear un afirmado o una base granular, se emplea el término "afirmado estabilizado" o "base tratada", esto puede implicar la incorporación de elementos como cemento, cal, aceites sulfonados u otros materiales.

La estabilización de suelos se enfoca en brindar a los suelos la capacidad de resistir cargas y mantener estas propiedades a lo largo del tiempo, las metodologías para lograrlo son diversas e incluyen desde la mezcla con otro tipo de suelo hasta la introducción de agentes estabilizantes, sin importar el enfoque utilizado para la estabilización, siempre es necesario llevar a cabo un proceso de compactación posterior (MTC, 2014).

#### 2.2.4.2 Cemento

Yaun (2023) argumenta que, el cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico que floclula las partículas del afirmado logrando la separación de agua existente y el suelo.

Según El MTC 2014, la cantidad de cemento puede fijarse en función del tipo de suelo, según lo siguiente:

**Tabla 12**

Dosificación de cemento por tipo de suelo

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido en % del peso del suelo
A-1-a	3-5
A-1-b	5-8
A-2	5-9
A-3	7-11
A-4	7-12
A-5	8-13
A-6	9-15
A-7	10-16

**Fuente:** MTC, 2014:99.

#### 2.2.4.3 Aceite sulfonado

Se trata de un compuesto orgánico que es soluble en agua que cuando se disuelve, se disocia en iones, facilitando la capacidad de intercambio catiónico; además está formada por una combinación de sulfuros y ácidos, cuando este compuesto entra en contacto con las partículas de arcilla, desencadena una reacción que es de naturaleza permanente y que tiene efectos duraderos (Camacho et al. 2008).

### 2.2.4.3.1 Aditivo PROES (aceite sulfonado):

El aceite a usar es PROES el cual transforma al suelo natural en una base impermeable a través de la estabilización química, además ayuda a aumentar su CBR > 100% y también su flexibilidad (PROESTECH 2020).

continúa sustentando que este proceso necesita:

- a. El suelo natural con plasticidad.
- b. Aceite sulfonado PROES.
- c. Cemento Portland tipo 1 que actúa como impermeabilizante.

Además sustenta que, el material obtenido mediante la aplicación de PROES, presenta una notoria mejora en su capacidad estructural, lo que significa que su uso requiere solamente de una capa superficial de rodado para protegerlo contra la abrasión; sin embargo, para potenciar aún más sus propiedades, es recomendable combinarlo con cemento, aunque es posible emplear otros tipos de cemento, se aconseja llevar a cabo pruebas comparativas utilizando cemento Portland tipo 1 (PROESTECH 2020).

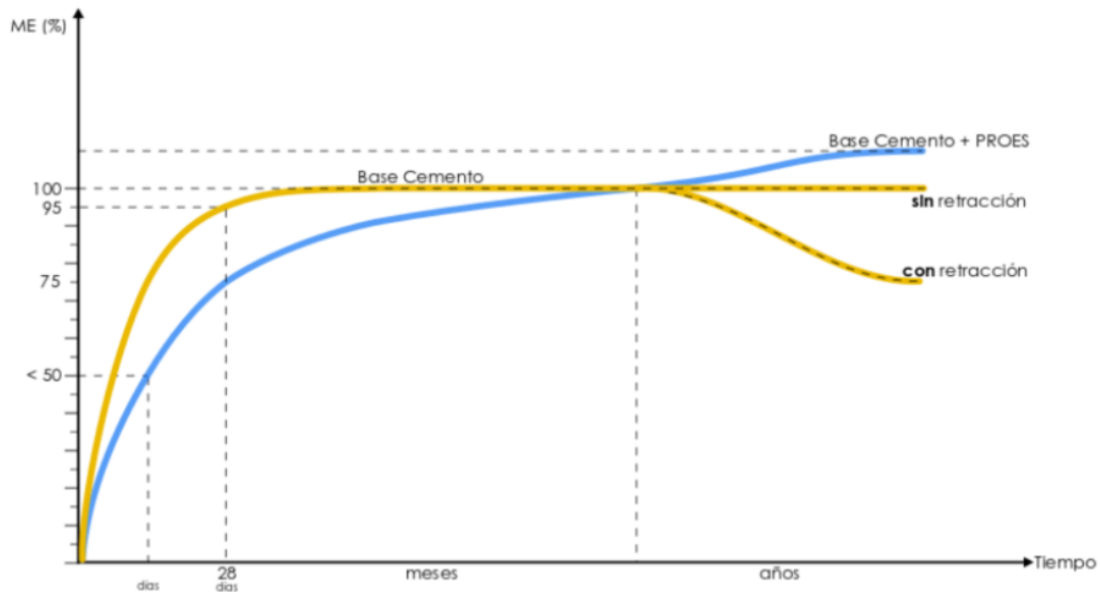
**Tabla 13**

Cartilla dosificación de aditivo PROES.

Tipo de suelo	Pasante por la malla n°200	Índice de plasticidad	Dosificación	
			Aceite sulfonado (Proes)	Aditivo Sólido (Cemento)
Arenas (finas, medias y gruesas)	< 10%	N.P.	Entre 0,22 y 0,30lt/m <sup>3</sup>	Entre 40 y 65Kg/m <sup>3</sup>
Arcillas	≥ 50%	≥ 15%	Entre 0,22 y 0,33lt/m <sup>3</sup>	Entre 30 y 70kg/m <sup>3</sup>
Arcilla Expansivas	≥ 70%	≥ 25%	Entre 0,25 y 0,35 lt/m <sup>3</sup>	Entre 25 y 65kg/m <sup>3</sup> de cal viva
Limos	≥ 50%	≥ 10%	Entre 0,22 y 0,30lt/m <sup>3</sup>	Entre 40 y 70kg/m <sup>3</sup>
Maicillos (Arena limosa)	< 20%	Varía entre 1%y 10%	Entre 0,25 y 0,30lt/m <sup>3</sup>	Entre 40 y 65kg/m <sup>3</sup>
Bases estabilizadas	≥ 10% - 12%	≥ 3%	Entre 0,22 y 0,30 lt/m <sup>3</sup>	Entre 40 y 65 kg/m <sup>3</sup>
Bases Granulares	< 10%	N. P.	Entre 0,22 y 0,30lt/m <sup>3</sup>	Entre 40 y 65kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Especificaciones técnicas Proes 2020:5.

PROESTECH (2020) argumenta que, al emplear el aditivo Proes, se logra disminuir la proporción de cemento necesaria en el proceso de estabilización de suelos que contienen arcilla, lo que resulta en una mejora significativa de la capacidad de soporte a largo plazo, esta estabilización usando Proes permite optimizar la composición y la efectividad de la mezcla, disminuyendo la dependencia del cemento y asegurando una mayor resistencia duradera en las condiciones específicas; el comportamiento general en términos de los incrementos en la resistencia se ilustra en el gráfico siguiente.



**Figura 4:** Comportamiento de una base cementada con y sin aditivo proes.

**Fuente:** PROESTECH, 2020:4.

#### 2.2.4.4 Propiedades de un suelo estabilizado

##### 2.2.4.4.1 Resistencia

Según Beltrán y Copado (2011), se destaca que la estabilización representa una técnica empleada con el fin de aumentar la resistencia de los suelos, siendo uno de sus propósitos más frecuentes; dentro de las estrategias más utilizadas para potenciar las resistencias, se encuentran las siguientes:

- Estabilización mecánica.
- Estabilización química.
- Compactación

##### 2.2.4.4.2 Durabilidad

De acuerdo con Arqhys (2012), la durabilidad del suelo se refiere a su capacidad para resistir los efectos del clima, la erosión y la abrasión causada por el tráfico, estos factores

representan los desafíos a los que se enfrenta una superficie de rodadura a lo largo del tiempo, por lo general, los problemas de durabilidad están estrechamente vinculados a la capa de rodadura de los caminos o carreteras, estos fenómenos pueden tener un impacto tanto en los suelos naturales como en los que han sido mal estabilizados, por tanto, la selección apropiada del estabilizador y la correcta dosificación son factores esenciales para mitigar los efectos adversos y asegurar la durabilidad a largo plazo de las superficies terrestres en diversas aplicaciones de ingeniería y construcción.

#### **2.2.4.4.3 Estabilidad de propiedades**

Se refiere a un procedimiento en el cual se efectúa una alteración en las características del suelo a través de un tratamiento que combina aspectos físicos y químicos este tratamiento implica la aplicación de sustancias con el propósito de optimizar las condiciones iniciales del suelo, permitiendo así alcanzar las condiciones ideales o deseadas para una determinada finalidad o uso, este proceso busca modificar las propiedades del suelo de manera controlada y específica, para adecuarlo a las necesidades particulares de diferentes proyectos de ingeniería (Álvarez y Rojas 2020).

### **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

- **Capacidad de soporte:** Se refiere a la carga aplicada por unidad de área que provoca una deformación previamente estimada bajo distintas condiciones de carga (MTC,2016).
- **Afirmado:** se atribuye a un material granular que se elige como capa de rodadura para un camino o carretera, puede ser extraído naturalmente o procesado, este material debe tener una superficie adecuada para su uso y puede o no llevar aditivos estabilizadores. (MTC, 2013).
- **Estabilización:** la estabilización de afirmado posee propiedades físicas y mecánicas mejoradas (MTC, 2016).
- **Aceite sulfonado:** es un compuesto orgánico derivado de ácidos y sulfuros, en el suelo provoca la desactivación de la ionización de agua y arcilla, en consecuencia disminuye el agua absorbida y aumenta el número de vacíos, permitiendo que las partículas se reacomoden y ocupen estos espacios (Camacho et al. 2008).

## **CAPÍTULO III.**

### **Materiales Y Métodos**

---

### CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se encuentra ubicada en Perú, departamento de Cajamarca ,provincia de Cajamarca, distrito de Cajamarca específicamente en el Camino Vecinal Emp. Ca. 1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho, este camino se encuentra ubicado en las siguientes tablas:

**Tabla 14**

*Ubicación geográfica del proyecto de investigación.*

Ubicación	
Departamento/Región	Cajamarca
Provincia	Cajamarca
Distrito	Cajamarca

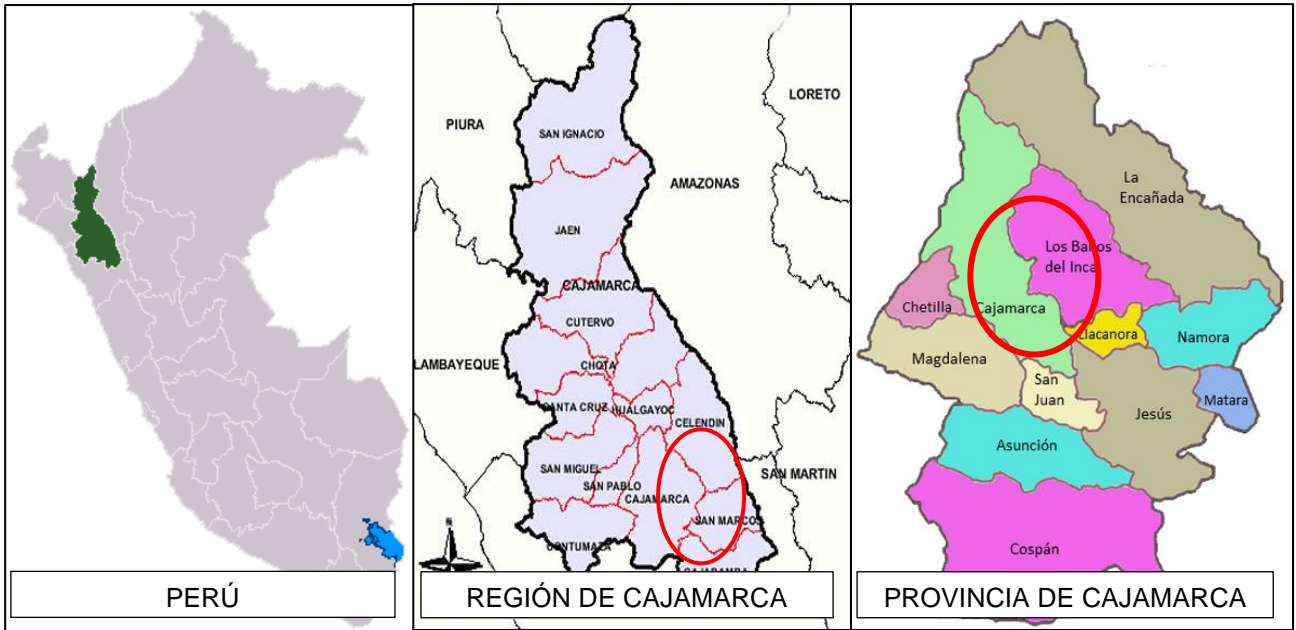
Geográficamente el proyecto de investigación está en las siguientes coordenadas del sistema UTM WGS-84, zona 17 sur:

**Tabla 15**

*Coordenadas UTM del proyecto de investigación.*

Tramo	Norte	Este	Altitud
Inicio	9204110.90	777692.90	2677.00
Final	9200889.40	779277.06	2787.00

El tramo en estudio del Camino Vecinal Emp. Ca. 1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho tiene una longitud de 6.137 km, se presenta la figura donde se encuentra ubicada la presente investigación:



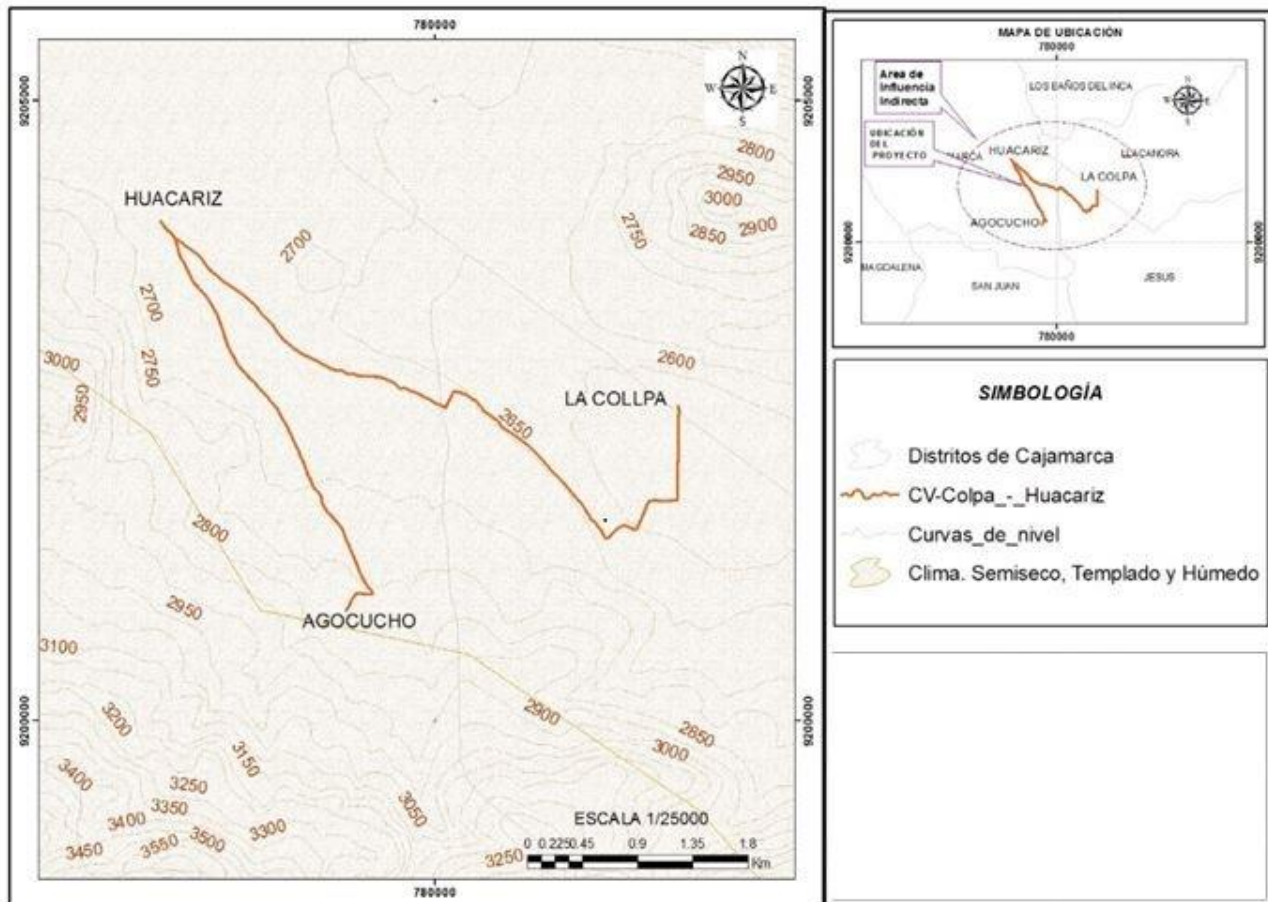
TRAMO DE INVESTIGACIÓN

Figura 5: Ubicación geográfica de la investigación.



### 3.1.1.1.1 **Clima.**

El camino vecinal, se desarrolla teniendo puntos en la altura mínima de 2600 msnm y llega hasta altura de 2800 msnm, su temperatura es de 15 °C en épocas templadas y desciende hasta 3°C en épocas; y según el uso de aditivos sulfonados no debe bajar de 8°C y tampoco superar los 30 °C, se presenta un mapa según lo indicado por la Zonificación Ecológica y Económica del Gobierno Regional de Cajamarca, es Semiseco, Templado y Húmedo.

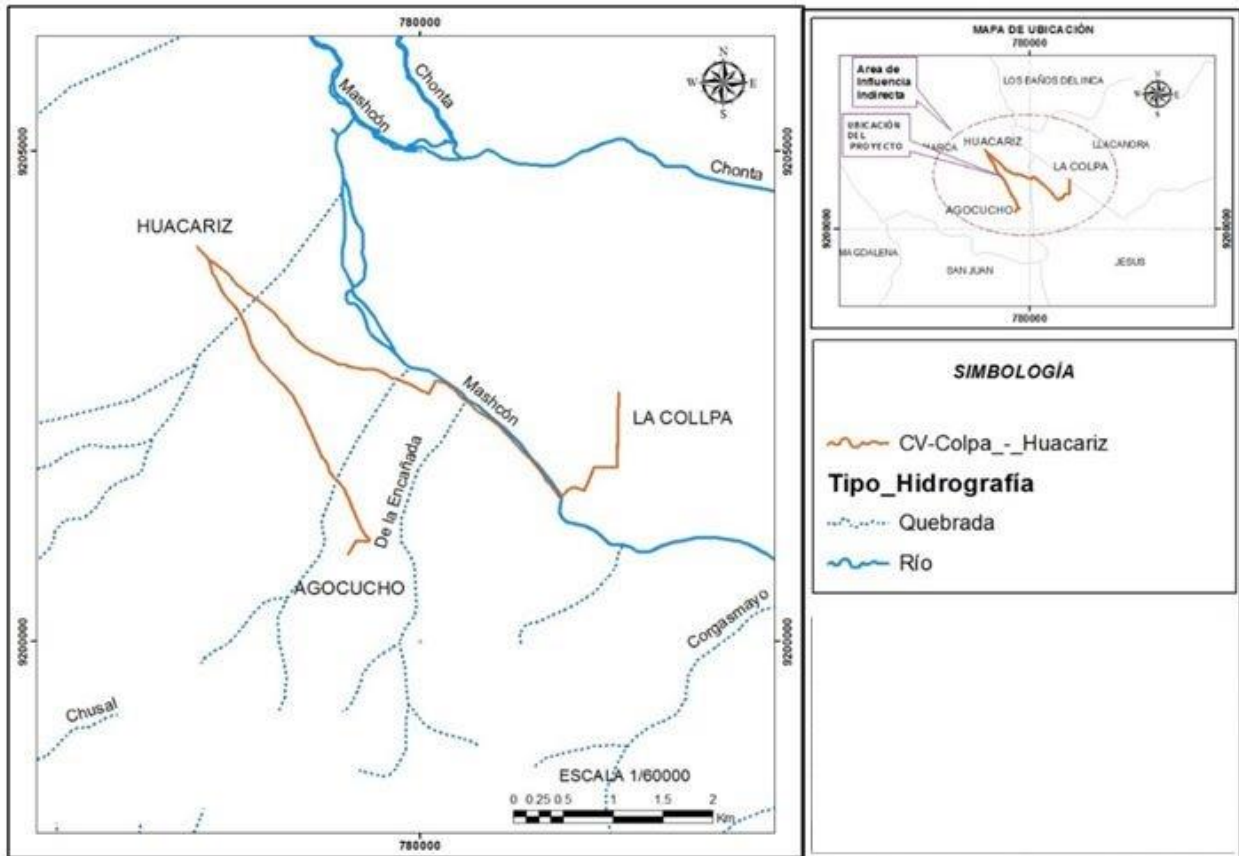


**Figura 6:** Mapa Climático.

**Fuente:** Mapa Climático y ZEE del Gobierno Regional de Cajamarca.

### 3.1.1.1.2 Hidrología.

La investigación del camino vecinal en estudio se desarrolla en el ámbito de la cuenca Crisnejas, subcuenca del Río Mashcón, actualmente las fuentes de agua están alejadas de nuestras calicatas, entonces no es un factor que interviene en nuestra investigación, no se presenta aguas subterráneas que afecten o nivel freático al momento de excavar las calicatas.

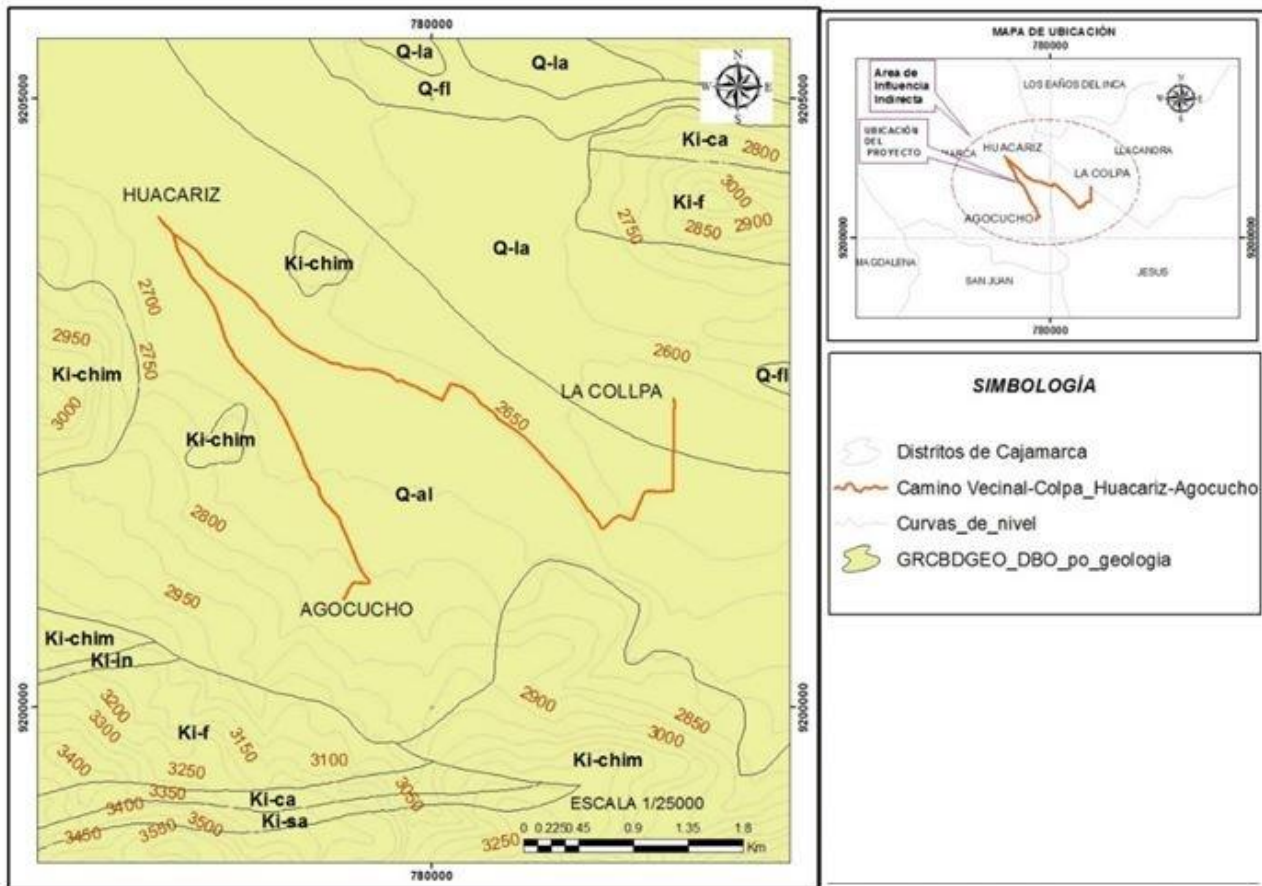


**Figura 7:** mapa hidrográfico del proyecto de investigación.

**Fuente:** ZEE del Gobierno Regional de Cajamarca.

### 3.1.1.1.3 Geología.

De acuerdo con la “Zonificación Ecológica y Económica del Gobierno Regional de Cajamarca” en su capítulo de geología, la zona del camino vecinal presenta una geología de Volcánico Huambos, también se observa que, el tramo en estudio está en el Q-al el cual indica depósitos aluviales compuestos por bloques de gravas sub angulosos a angulosos y matriz arena limosa que han sufrido poco transporte, el cual concuerda con lo encontrado en las calicatas realizadas.



**Figura 8:** Mapa Geológico en la zona de investigación.

**Fuente:** ZEE del Gobierno Regional de Cajamarca.

## 3.2 ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó en noviembre del 2022, iniciando con la excavación de calicatas para luego realizar ensayos y finalmente elaborar el documento final.

### **3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1 *Tipo, nivel y diseño de investigación***

##### **3.3.1.1 Tipo de investigación**

La investigación es del tipo aplicada, por que se utiliza procedimientos y técnicas establecidas en otras investigaciones.

##### **3.3.1.2 Nivel de investigación**

La investigación es descriptiva y de corte transversal, busca describir y relacionar el comportamiento del índice CBR en función del porcentaje de cemento y aceite sulfonado.

#### **3.3.2 *Población y muestra del estudio***

##### **3.3.2.1 Población del estudio**

Afirmado del Camino Vecinal Emp. Ca. 1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho".

##### **3.3.2.2 Muestra**

Afirmado del Camino Vecinal Emp. Ca. 1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho".

##### **3.3.2.3 Unidad de análisis**

La unidad de análisis usada es la influencia del cemento portland I y aceite sulfonado (proes) como aditivos estabilizadores de afirmado.

##### **3.3.2.4 Unidad de observación**

Especímenes para CBR del afirmado.

### 3.3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.3.3.1 Técnicas

En la presente investigación se utilizó la observación de tipo directa, porque es un método frecuente en el campo de la ingeniería vial, la ventaja de usar esta técnica es analizar los problemas que afectan al camino vecinal en estudio.

Lo primero que se hizo es la visita a campo, donde se visualizó el camino vecinal y se seleccionó el tramo para realizar una calicata cada kilómetro y medio, luego se obtuvieron las muestras y se trasladó al laboratorio que es donde se realizaron los ensayos considerando el cumplimiento del manual de ensayos de materiales MTC 2016.

Los ensayos de mecánica de suelos que se realizó para esta investigación se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 16**

*Ensayos a realizar a las muestras.*

Ensayo	Norma Técnica	Descripción
Contenido de humedad	MTC E 108 ASTM D 2216 AASHTOT 265	Método operativo para determinar el contenido de humedad de un suelo. El contenido de humedad de un suelo es la relación entre el peso del agua presente en la masa de suelo, al peso de las partículas sólidas del mismo.
Análisis granulométrico	MTC E 107 ASTM D 422 AASHTOT 88	Método para determinar de manera cuantitativa la distribución del tamaño de las partículas de un suelo. También permite determinar los porcentajes de suelo que pasan los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el tamiz 75 $\mu\text{m}$ (No. 200).
Límite líquido	MTC E 110 ASTM D 4318 AASHTOT 89	Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, del suelo secado en horno, cuando este se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.
Límite plástico	MTC E 111 ASTM D 4318 AASHTOT 90	Es la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros de suelo de unos 3.2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichos cilindros se desintegren.
Proctor modificado	MTC E 115 ASTM D 1557 AASHTOT 180	Método de prueba establecido para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco del suelo, compactados en un molde de 4" o 6" de diámetro con un pistón de 10 lb, que cae de

Ensayo	Norma Técnica	Descripción
CBR	MTC E 132 ASTM D 1883 AASHTOT 193	una altura de 18", produciendo una energía de compactación de 56 000 lbf – pie/pie <sup>3</sup> . Método de prueba para determinar un índice de resistencia de los suelos, denominado valor de la relación de soporte, conocido como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de subbase, base y de afirmado de un pavimento.

### 3.3.3.2 Instrumentos

En la presente investigación se empleó la guía de observación, documento que nos permitirá registrar y observar los ensayos realizados, logrando la confiabilidad, validez y objetividad de los datos obtenidos en laboratorio.

Todos los ensayos son realizados y registrados para poder ver la influencia del aceite sulfonado (proes) y cemento portland tipo I en la estabilización del camino vecinal en estudio.

### 3.3.3.3 Equipos y materiales utilizados

Durante el proceso de investigación se utilizaron los equipos y materiales normados según cada ensayo de la tabla N°16, además se mencionan algunos a continuación:

- Juego de tamices para la granulometría.
- Probeta de 500 ml y 50 ml.
- Agua.
- Aceite sulfonado.
- Cemento.
- Horno con rango de temperatura de 0 °C a 300 °C
- Bandejas y taras.
- Balanza digital con una precisión de 0.1 g.
- Copa Casa Grande.
- GPS Garmin.
- Parafina y sacos.
- Cronómetro.
- Equipos y materiales según lo normado en MTC E 115
- Equipos y materiales según lo normado en MTC E 132

### 3.3.4 Procedimiento

#### Primera fase: recolección y preparación de las muestras de suelo

- Se ubicó el lugar del camino vecinal.
- Se determinó las calicatas y el número de estas para la presente investigación.
- Se obtuvo las coordenadas UTM de cada calicata.

**Tabla 17**

*Coordenadas UTM de las calicatas realizadas.*

Descripción	Coordenadas	
	Este	Norte
Calicata 1 (C1)	779454.25	9201074.60
Calicata 2 (C2)	780090.14	9202523.93
Calicata 3 (C3)	778934.94	9202956.79
Calicata 4 (C4)	777884.71	9203882.63

- Se efectuó la excavación de las calicatas, garantizando que alcancen una profundidad mínima de 1.50 metros.
- Se recopiló y transportó las muestras representativas de suelo extraídas de cada calicata, siguiendo las pautas establecidas en la Norma MTC E 104, que aborda la conservación y el transporte adecuado de muestras de suelo. Para las muestras destinadas al ensayo de contenido de humedad, se empleó bolsas.
- A las muestras de suelo obtenidas se le realizaron las preparaciones para poder ser ensayadas, de acuerdo con las normas MTC E 105 y MTC E 106.

#### Segunda fase: ensayos de laboratorio

- A las muestras transportadas con parafinas, se realizó el ensayo de contenido de humedad.
- Luego de la preparación debida del material de afirmado extraído se realizó los ensayos de análisis granulométrico.
- Se procedió a ensayar el material de afirmado según el MTC E110 y MTC E111 Límites de Atterberg.
- Luego, se procedió con la clasificación del afirmado según AASHTO y SUCS.

- Se seleccionó la muestra y preparo según lo normado en el MTC 2016, luego se aplicó el proceso de estabilización utilizando cemento portland tipo I y aceite sulfonado como aditivos estabilizadores.
- Se realizó los ensayos de límite líquido y límite plástico, para cada adición de aceite sulfonado (Proes) en dosificación de 0.25 Lt/m<sup>3</sup>, 0.30 Lt/m<sup>3</sup> 0.35 Lt/m<sup>3</sup> y 0.40 Lt/m<sup>3</sup>; además de cemento portland I en una dosificación de 1 bolsa/m<sup>3</sup> del peso seco de la muestra.
- Luego se realizó el ensayo Proctor modificado para el suelo sin y con aditivos.
- Al obtener el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima del ensayo anterior, se continuó con el ensayo CBR para el suelo sin aditivo estabilizador y para una adición de aceite sulfonado en dosificaciones de 0.25 Lt/m<sup>3</sup>, 0.30 Lt/m<sup>3</sup> 0.35 Lt/m<sup>3</sup> y 0.40 Lt/m<sup>3</sup>; además de cemento portland I en una 1 bolsa/m<sup>3</sup> del peso seco de la muestra.

### **3.3.5 Tratamiento, análisis de datos y presentación de los resultados**

El procesamiento de datos e información fue realizado con hojas de cálculo, formatos para cada ensayo en laboratorio y para la prestación de resultados se utilizó el apoyo de gráficos explicativos.

Los programas usados fueron Microsoft Excel, Microsoft Word, AutoCAD, ArcGIS; los cuales sirven como softwares para facilitar el procesamiento y presentación de resultados, tales como tablas, planos, gráficos estadísticos.

Para los cálculos y análisis de datos se tomó en cuenta las recomendaciones del MTC 2016, detallada en cada ensayo referido en la tabla 16.

#### **3.3.5.1 Presentación De Resultados**

##### **3.3.5.1.1 Contenido de humedad**

**Tabla 18**

*Resultados de ensayo Contenido de humedad.*

Muestra obtenida de	Contenido de Humedad
Calicata 1 (C1)	5.81%
Calicata 2 (C2)	5.91%
Calicata 3 (C3)	6.06%
Calicata 4 (C4)	6.18%



### 3.3.5.1.2 *Análisis granulométrico*

**Tabla 19**

*Resultados de ensayo análisis granulométrico*

Descripción	Muestra			
	C1	C2	C3	C4
Tamiz 2 mm (Nº10) %	45.53	44.82	48.50	47.50
Tamiz 0.425 mm (Nº40)%	29.16	24.98	32.42	24.86
Tamiz 0.075 mm (Nº200) %	19.15	14.28	19.55	11.45

### 3.3.5.1.3 *Límites de Atterberg*

**Tabla 20**

*Resultado de ensayo límites de Atterberg de la muestra sin aditivos*

Descripción	Muestra sin aditivos			
	C1	C2	C3	C4
Límite Líquido	27.00%	24.00%	19.00%	23.00%
Límite Plástico	19.00%	14.00%	10.00%	15.00%
Índice de Plasticidad	8.00%	10.00%	9.00%	8.00%

**Tabla 21**

*Límites de Atterberg de la muestra +1Bols/m3 cemento+0.25l/m3 aceite sulfonado (proes).*

Descripción	Muestra +1Bols/m3 cemento+0.25l/m3 aceite sulfonado			
	C1	C2	C3	C4
Límite Líquido	25.00%	25.00%	23.00%	23.00%
Límite Plástico	18.00%	18.00%	17.00%	17.00%
Índice de Plasticidad	7.00%	7.00%	6.00%	6.00%

**Tabla 22**

*Límites de Atterberg de la Muestra +1Bols/m3 cemento+0.30l/m3 aceite sulfonado (proes).*

Descripción	Muestra +1Bols/m3 cemento+0.30l/m3 aceite sulfonado			
	C1	C2	C3	C4
Límite Líquido	24.00%	24.00%	23.00%	23.00%
Límite Plástico	19.00%	19.00%	19.00%	17.00%
Índice de Plasticidad	5.00%	5.00%	4.00%	6.00%

**Tabla 23**

*Límites de Atterberg de la Muestra +1Bols/m3 cemento+0.35l/m3 aceite sulfonado (proes).*

Descripción	Muestra +1Bols/m3 cemento+0.35l/m3 aceite sulfonado			
	C1	C2	C3	C4
Límite Líquido	22.00%	22.00%	21.00%	20.00%
Límite Plástico	17.00%	18.00%	17.00%	15.00%
Índice de Plasticidad	5.00%	4.00%	4.00%	5.00%

**Tabla 24**

*Límites de Atterberg de la Muestra +1Bols/m3 cemento+0.40l/m3 aceite sulfonado (proes).*

Descripción	Muestra +1Bols/m3 cemento+0.40l/m3 aceite sulfonado			
	C1	C2	C3	C4
Límite Líquido	20.00%	21.00%	20.00%	15.00%
Límite Plástico	16.00%	17.00%	16.00%	10.00%
Índice de Plasticidad	4.00%	4.00%	4.00%	5.00%

**Tabla 25**

*Clasificación del afirmado según AASHTO y SUCS .*

Descripción	C1	C2	C3	C4
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
Clasificación SUCS	SM-SC	SM-SC	SC	SC

### **3.3.5.1.4      Ensayo Proctor modificado**

**Tabla 26**

*Densidad máxima seca y contenido de humedad óptimo de Calicata 01 en diferentes dosificaciones.*

Dosificación de aditivos		DMS (g/cm3)	Contenido Humedad Óptimo %
Cemento (bol/m3)	Aceite (Lt/m3)		
sin aditivo	sin aditivo	2.21	6.20
1.00	0.25	2.22	5.80
1.00	0.3	2.23	5.60
1.00	0.35	2.24	5.30
1.00	0.4	2.25	5.00

**Tabla 27**

*Densidad máxima seca y contenido de humedad óptimo de Calicata 02 en diferentes dosificaciones.*

Dosificación de aditivos		DMS (g/cm3)	Contenido Humedad Óptimo %
Cemento (bol/m3)	Aceite (Lt/m3)		
sin aditivo	sin aditivo	2.21	6.40
1.00	0.25	2.21	5.59
1.00	0.3	2.23	5.79
1.00	0.35	2.20	6.14
1.00	0.4	2.21	4.88

**Tabla 28**

*Densidad máxima seca y contenido de humedad óptimo de calicata 03 en diferentes dosificaciones.*

Dosificación de aditivos		DMS (g/cm3)	Contenido Humedad Óptimo %
Cemento (bol/m3)	Aceite (Lt/m3)		
sin aditivo	sin aditivo	2.18	6.61
1.00	0.25	2.21	5.59
1.00	0.3	2.20	6.64
1.00	0.35	2.20	5.71
1.00	0.4	2.22	5.13

**Tabla 29**

*Densidad máxima seca y contenido de humedad óptimo de Calicata 04 en diferentes dosificaciones.*

Dosificación de aditivos		DMS (g/cm3)	Contenido Humedad Óptimo %
Cemento (bol/m3)	Aceite (Lt/m3)		
sin aditivo	sin aditivo	2.20	6.72
1.00	0.25	2.22	5.83
1.00	0.3	2.23	6.30
1.00	0.35	2.24	5.95
1.00	0.4	2.25	5.40

### 3.3.5.1.5 **Ensayo California Bearing Ratio (CBR) del material sin aditivos**

El procesamiento y análisis de los datos derivados de la prueba de carga penetración, cabe mencionar que, según el MTC, Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sugiere que la capacidad de CBR del material para afirmado sea mínimo 40%.

**Tabla 30**

*CBR de las calicatas sin aditivos.*

valor relativo de soporte C.B.R	C1	C2	C3	C4
C.B.R. de 95% DSM (0,1")=	31.32%	31.84%	24.58%	26.20%
C.B.R. de 100 % DSM (0,1")=	42.06%	41.76%	36.07%	41.25%
C.B.R. de 95% DSM (0,2")=	37.21%	37.80%	29.17%	31.08%
C.B.R. de 100 % DSM (0,2")=	50.59%	50.22%	43.52%	49.82%

### 3.3.5.1.6 **Ensayo California Bearing Ratio (CBR) del material con aditivos**

**Tabla 31**

*CBR de Calicatas con aditivos, 1 Bol/m<sup>3</sup> (Cemento)+0.25 Lt/m<sup>3</sup> aceite sulfonado (proes).*

Valor relativo de soporte C.B.R.	C1	C2	C3	C4
C.B.R. de 95% DSM (0,1")=	65.21%	58.4%	53.36%	54.5%
C.B.R. de 100 % DSM (0,1")=	78.45%	72.27%	69.61%	76.2%
C.B.R. de 95% DSM (0,2")=	75.87%	68.07%	62.06%	63.51%
C.B.R. de 100 % DSM (0,2")=	90.64%	83.41%	80.41%	88.01%

**Tabla 32**

*CBR de Calicatas con aditivos, 1 Bol/m<sup>3</sup> (Cemento)+0.30 Lt/m<sup>3</sup> aceite sulfonado (proes).*

Valor relativo de soporte C.B.R.	C1	C2	C3	C4
C.B.R. de 95% DSM (0,1")=	76.4%	71.66%	75.02%	75.31%
C.B.R. de 100 % DSM (0,1")=	98.18%	94.21%	93.72%	98.56%
C.B.R. de 95% DSM (0,2")=	88.53%	83.05%	86.76%	87.33%
C.B.R. de 100 % DSM (0,2")=	111.25%	106.69%	106.08%	111.53%

**Tabla 33**

*CBR de Calicatas con aditivos, 1 Bol/m<sup>3</sup> (Cemento)+0.35 Lt/m<sup>3</sup> aceite sulfonado (proes).*

Valor relativo de soporte C.B.R.	C1	C2	C3	C4
C.B.R. de 95% DSM (0,1")=	96.33%	91.18%	88.13%	93.4%
C.B.R. de 100 % DSM (0,1")=	121.68%	117.87%	113.82%	120.19%
C.B.R. de 95% DSM (0,2")=	109.38%	103.99%	100.48%	106.24%
C.B.R. de 100 % DSM (0,2")=	136.11%	131.85%	127.3%	134.43%

**Tabla 34**

*CBR de Calicatas con aditivos, 1 Bol/m3 (Cemento)+0.40 Lt/m3 aceite sulfonado (proes).*

Valor relativo de soporte C.B.R.	C1	C2	C3	C4
C.B.R. de 95% DSM (0,1")=	121.31%	119.06%	110.99%	110.75%
C.B.R. de 100 % DSM (0,1")=	149.77%	145.15%	138.65%	147.65%
C.B.R. de 95% DSM (0,2")=	136.14%	133.52%	124.8%	124.56%
C.B.R. de 100 % DSM (0,2")=	165.42%	160.32%	153.14%	162.82%

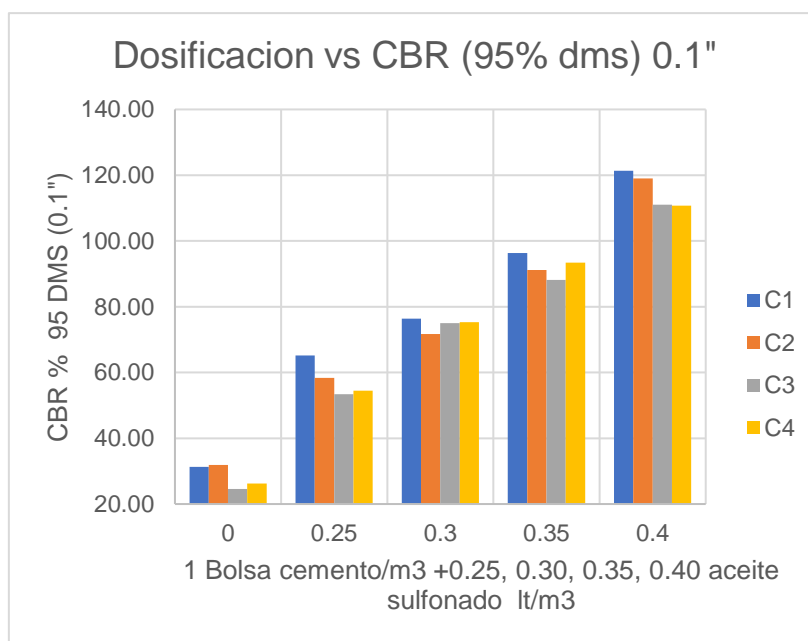
**3.3.5.1.7 Comparación de los valores obtenidos de CBR sin aditivo y con aditivo a diferentes dosificaciones**

Los valores de CBR obtenidos del afirmado existente y estabilizado:

**Tabla 35**

*Comparativo de CBR en las diferentes calicatas al 95% de la DMS y penetración 0.1".*

Dosificación de aditivos		CBR 95 DMS (0.1")			
Cemento (bol/m3)	Aceite (Lt/m3)	C1	C2	C3	C4
sin aditivo	sin aditivo	31.32%	31.84%	24.58%	26.2%
1.00	0.25	65.21%	58.4%	53.36%	54.5%
1.00	0.3	76.4%	72.16%	75.02%	75.31%
1.00	0.35	96.33%	91.18%	88.13%	93.4%
1.00	0.4	121.31%	119.06%	110.99%	110.75%

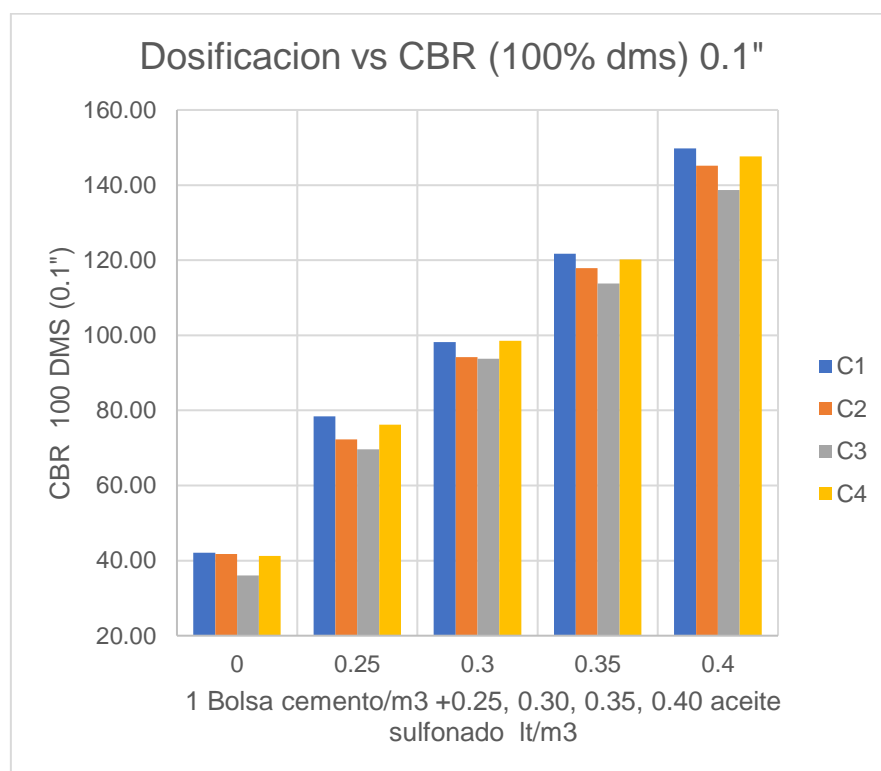


**Figura 9:** Gráfica comparativa de la variación del CBR 95 % DMS con 0.1" de penetración vs diferentes dosificaciones.

**Tabla 36**

*Comparativo de CBR en las diferentes calicatas al 100% de la DMS y penetración 0.1".*

Dosificación de aditivos		CBR 100 DMS (0.1")			
Cemento (bol/m3)	Aceite (Lt/m3)	C1	C2	C3	C4
sin aditivo	sin aditivo	42.06%	41.76%	36.07%	41.25%
1.00	0.25	78.45%	72.27%	69.61%	76.2%
1.00	0.3	98.18%	94.59%	93.72%	98.56%
1.00	0.35	121.68%	117.87%	113.82%	120.19%
1.00	0.4	149.77%	145.15%	138.65%	147.65%

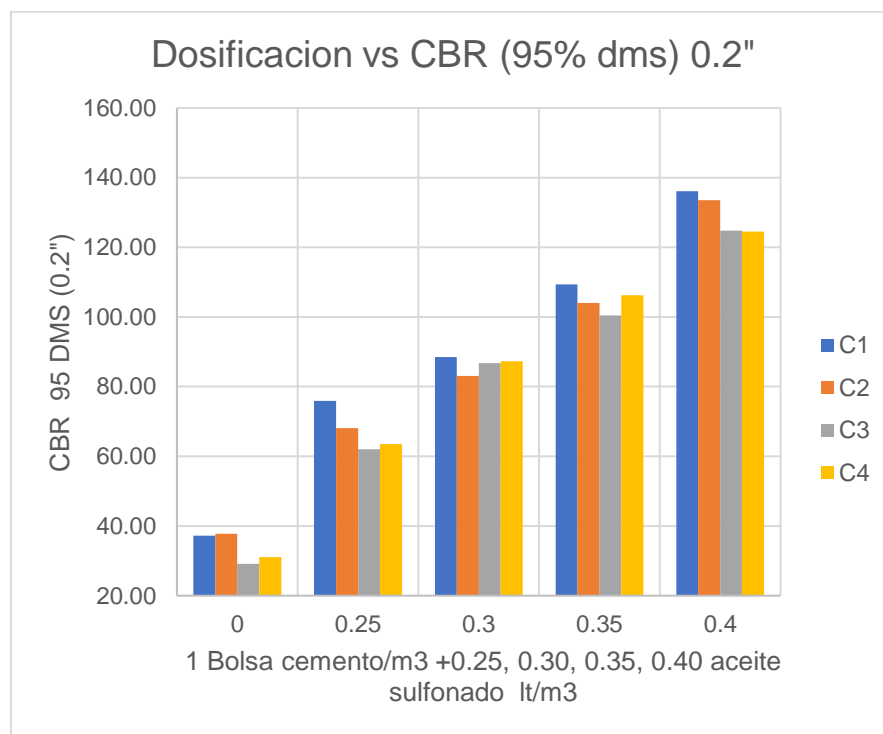


**Figura 10:** *Gráfica comparativa de la variación del CBR 100 % DMS con 0.1" de penetración vs diferentes dosificaciones.*

**Tabla 37**

*Comparativo de CBR en las diferentes calicatas al 95% de la DMS y penetración 0.2".*

Dosificación de aditivos		CBR 95 DMS (0.2")			
Cemento (bol/m3)	Aceite (Lt/m3)	C1	C2	C3	C4
sin aditivo	sin aditivo	37.21%	37.8%	29.17%	31.08%
1.00	0.25	75.87%	68.07%	62.06%	63.51%
1.00	0.3	88.53%	83.55%	86.76%	87.33%
1.00	0.35	109.38%	103.99%	100.48%	106.24%
1.00	0.4	136.14%	133.52%	124.8%	124.56%

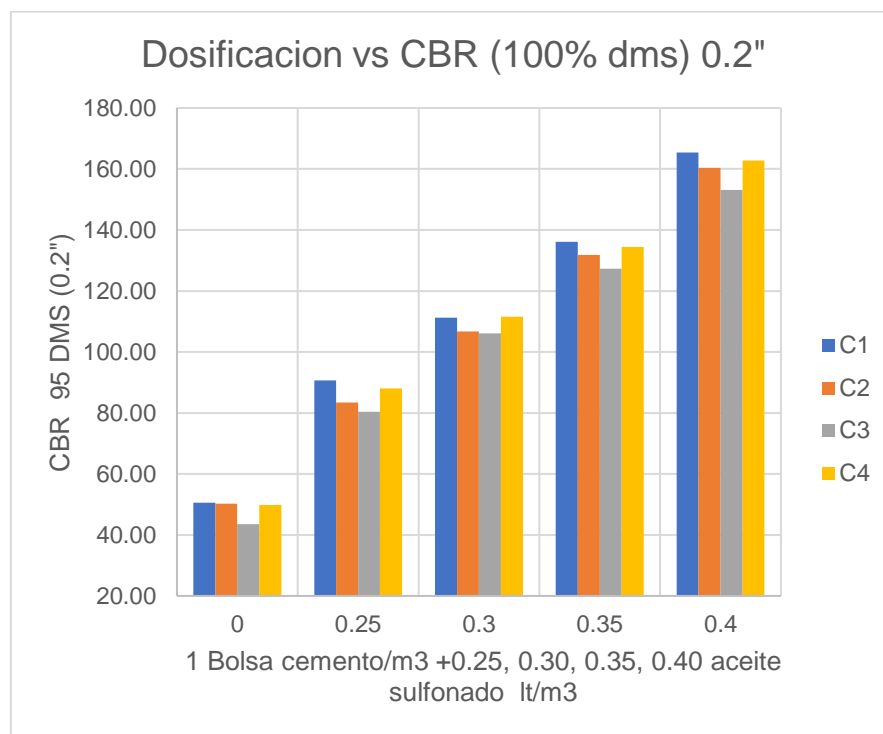


**Figura 11:** Gráfica comparativa de la variación del CBR 95 % DMS con 0.1" de penetración vs diferentes dosificaciones.

**Tabla 38**

*Comparativo de CBR en las diferentes calicatas al 100% de la DMS y penetración 0.2".*

Dosificación de aditivos		CBR 100 DMS (0.2")			
Cemento (bol/m3)	Aceite (Lt/m3)	C1	C2	C3	C4
sin aditivo	sin aditivo	50.59%	50.22%	43.52%	49.82%
1.00	0.25	90.64%	83.41%	80.41%	88.01%
1.00	0.3	111.25%	107.11%	106.08%	111.53%
1.00	0.35	136.11%	131.85%	127.3%	134.43%
1.00	0.4	165.42%	160.32%	153.14%	162.82%



**Figura 12:** *Gráfica comparativa de la variación del CBR 100 % DMS con 0.1" de penetración vs diferentes dosificaciones.*



**CAPÍTULO IV.**  
**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Material sin aditivo

De la realización de dichos ensayos se obtuvo que las cuatro muestras en estudio ha sido clasificada utilizando el método A.A.S.H.T.O teniendo un resultado uniforme de A-2-4, y con el método S.U.C.S varia de entre una clasificación SM y SC.

En lo concerniente al contenido de humedad de las muestras son; calicata 1: 5.81%, calicata 2: 5.91%, calicata 3: 6.06%, calicata 4: 6.18%, la variación de humedad es poca y con valores relativamente bajos ya que la extracción de muestras fue en un periodo seco de la zona.

Los límites de Atterberg determinados en el afirmado son los siguientes; el límite líquido es de 19% al 27%, el límite plástico es de 10% al 19%, el índice plástico es de 8% al 10%.

### 4.2 Material con aditivos

#### 4.2.1 *Material +1 bolsa/m3 (cemento)+0.25 lt/m3 aceite sulfonado (Proes)*

Los resultados obtenidos para esta dosificación son; calicata 1: 78.45%, calicata 2: 72.27%, calicata 3: 69.61%, calicata 4: 76.2%.

El aumento del CBR varía entre 30.51% al 36.39% con respecto a la muestra ensayada sin aditivos.

Si hacemos un contraste con la tabla 10 “Especificaciones de tipos de estabilizadores y parámetros” podemos verificar que, ningún resultado en esta dosificación supera el mínimo de 100% de CBR requerido al estabilizar con estos aditivos.

#### 4.2.2 *Material +1 bolsa/m3 (cemento)+0.30 lt/m3 aceite sulfonado (Proes)*

Los resultados del CBR obtenidos para esta dosificación son; calicata 1: 98.18%, calicata 2: 94.59%, calicata 3: 93.72%, calicata 4: 98.56%.

El aumento del CBR varía entre 19.73% al 24.11% con respecto a la dosificación anterior, 1 bolsa/m3 (cemento)+0.25 lt/m3 aceite sulfonado (proes).

Si hacemos un contraste con la tabla 10 “Especificaciones de tipos de estabilizadores y parámetros” podemos verificar que, ningún resultado en esta dosificación supera el mínimo de 100% de CBR requerido al estabilizar con estos aditivos.

#### **4.2.3 Material +1 bolsa/m<sup>3</sup> (cemento)+0.35 lt/m<sup>3</sup> aceite sulfonado (Proes)**

Los resultados del CBR obtenidos para esta dosificación son; calicata 1: 121.68%, calicata 2: 117.87%, calicata 3: 113.82%, calicata 4: 120.19%.

El aumento del CBR varía entre 20.10% al 23.50% con respecto a la dosificación anterior, 1 bolsa/m<sup>3</sup> (cemento)+0.30 lt/m<sup>3</sup> aceite sulfonado (proes).

Si hacemos un contraste con la tabla 10 “Especificaciones de tipos de estabilizadores y parámetros” podemos verificar que, todos los resultados en esta dosificación supera el mínimo de 100% de CBR requerido al estabilizar con estos aditivos.

#### **4.2.4 Material +1 bolsas/m<sup>3</sup> (cemento)+0.40 lt/m<sup>3</sup> aceite sulfonado (Proes)**

Los resultados del CBR obtenidos para esta dosificación son; calicata 1: 149.77%, calicata 2: 145.15%, calicata 3: 138.65%, calicata 4: 147.65%.

El aumento del CBR varía entre 24.83% al 28.09% con respecto a la dosificación anterior, 1 bolsas/m<sup>3</sup> (cemento)+0.35 lt/m<sup>3</sup> aceite sulfonado (proes).

Si hacemos un contraste con la tabla 10 “Especificaciones de tipos de estabilizadores y parámetros” podemos verificar que, todos los resultados en esta dosificación supera el mínimo de 100% de CBR requerido al estabilizar con estos aditivos.

### **4.3 Contrastación con la hipótesis**

Según a la investigación realizada, resultados obtenidos y comparándola con la hipótesis planteada, la utilización de aditivos, cemento y aceite Sulfonado, mejoran la capacidad de soporte del material del camino vecinal Emp. ca. 1459 (la colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho en un 20%; se demuestra que la hipótesis es correcta, porque el aumento del CBR ha excedido el 20%.

**CAPÍTULO V.**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

Se concluye que el cemento y aceite sulfonado, como agentes estabilizadores de afirmado en el camino vecinal Emp. CA-1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz-Agocucho, incrementa el valor de CBR del afirmado cumpliendo con los requerimientos de las normativas vigentes.

Los resultados de CBR de las muestras de afirmado sin aditivos dan son; 42.06%, 41.76%, 36.07%, 41.25%, llegando a la conclusión que la muestra 03 no supera el CBR mínimo requerido de 40% para afirmados, exigido por el MTC-2013, por lo que no es recomendable usarlo en caminos vecinales.

El afirmado más aditivos (cemento portland tipo I 1 bolsa/m<sup>3</sup> + aceite sulfonado 0.25 Lt/m<sup>3</sup>) y (1 bolsa/m<sup>3</sup> + aceite sulfonado 0.30 Lt/m<sup>3</sup>) no supera el CBR mínimo de 100% exigido por el MTC-2015; pero los resultados de afirmado más aditivos (cemento portland tipo I 1 bolsa/m<sup>3</sup> + aceite sulfonado 0.35 Lt/m<sup>3</sup>) y (1 bolsa/m<sup>3</sup> + aceite sulfonado 0.40 Lt/m<sup>3</sup>) mejoran el valor de CBR superando el 100%, llegando a la conclusión que estas dosificaciones sería el ideal para cumplir el valor mínimo requerido por la normatividad.

Se verifica que la adición del aditivo líquido en 0.05 Lt aumenta proporcionalmente al CBR en una variación de 19.73% a 36.39%,

### **5.2 RECOMENDACIONES**

Realizar investigación para el comportamiento de este material estabilizado a largo del tiempo, 03 meses, 06 meses ya que aún no hay investigaciones al respecto.

Realizar investigaciones porque se obtiene un CBR mayor al 100% utilizando aceite sulfonado proes y cemento portland tipo I.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AASHTO(American Association of State Highway and Transportation Officials, Estados Unidos de América). s. f. *Standard Specification for Classification of Soils and Soil – Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes, (Designation M 145)*. 91 p.
- Álvarez Pizco, BD; Rojas Ochoa, LF. 2020. *Aplicación De Temáticas En Ingeniería Civil Comparación De Las Alternativas De Estabilización Con Cal, Cemento, Silicato De Sodio Y Aceite Sulfonado Para Vías Terciarias Con Presencia De Arcilla En La Región De La Orinoquía*. Tesis de pregrado. Villavicencio, Colombia, Universidad Santo Tomás. 52 p.
- Arqhys Arquitectura. 2012. *Durabilidad del suelo (en línea, sitio web)*. Consultado 26 may 2023. Disponible en <https://www.arqhys.com/arquitectura/durabilidad-suelo.html>.
- ASTM (American Society for Testing and Materials, Estados Unidos de América). s. f. *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System), (Designation D 2487 – 11.)*. 91 p.
- Beltrán Parra, MA; Copado Beltrán, JA. 2011. *Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de Ciudad Obregón, Sonora*. Tesis de Pregrado. Obregón, Sonora, Instituto Tecnológico de Sonora. 92 p.
- Bowles, JE. 1981. *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*. 2 ed. Ciudad de México, México, McGraw-Hill. 249 p.
- Braja M. Das. 2013. *Fundamentos De La Ingeniería Geotécnica*. 4 ed. Ciudad de México, México, Cengage Learning. 658 p.
- Camacho Tauta, J; Reyes Ortiz, O; Mayorga Antonilez, C. 2008. *Curado natural y acelerado de una arcilla estabilizada con aceite sulfonado*. *ingeniería & Desarrollo* (24):15.
- Caruajulca Chávez, E. 2018. *Influencia del Aditivo Cloruro de Sodio Como Estabilizante de la Subrasante de la Carretera Tramo Cruce El Porongo – Aeropuerto – Cajamarca*. Tesis de pregrado. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 91 p.
- Crespo Villalaz, C. 2004. *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. 5 ed. Ciudad de México, México, Limusa. 650 p.
- Echarri Zambrano, L. 2022. *Influencia del aditivo Proes en la estabilización del material de cantera*. Tesis de Pregrado. Lima, Perú, Universidad César Vallejo. 97 p.
- Fernández Gálvez, HW. 2017. *Efecto del Aditivo Terrazyme en la Estabilización de Suelos Arcillosos de Subrasantes en la Zona de Expansión de la Ciudad De Cajamarca*. Tesis de Maestría. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 114 p.
- García Toro, JR. 2019. *Estudio de la Técnica de Suelo Cemento para Estabilización de Vías Terciarias en Colombia que Posean un Alto contenido de Caolín*. Tesis de pregrado. Bogotá, Colombia, Universidad Católica de Colombia. 77 p.
- Hernández Canales, JC. 2008. *Características físicas y propiedades mecánicas de suelos y sus métodos de medición*. Tesis de Pregrado. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 510 p.

- Hidalgo Alva, KL; Cadenillas Lozano, JS. 2021. *Aplicación de los Aditivos PROES y CONAID y su Relación con la Mejora del CBR en la Subrasante de la carretera Pilluana-Paraíso, Provincia de Picota, Departamento de San Marín. Tesis de Pregrado. Tarapoto, Perú, Universidad Científica del Perú. 108 p.*
- Hydrum. 2018. *Estabilidad De Propiedades (en línea, sitio web). Consultado 26 may 2023. Disponible en <https://hydrumltada.com/geostab-2/>.*
- Juárez Badillo, E; Rico Rodríguez, A. 2005. *Mecánica de Suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos. 3 ed. Ciudad de México, México, Limusa. 644 p.*
- Lalangue Córdova, OE. 2019. *Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la Carretera Departamental Ruta PI- 114 Emp. PE-1N (El Alto–Talara) - Emp. PI-105 (Pariñas), km:08+000.00 - 09+000.00, Talara – Piura. Tesis de Pregrado. Piura, Perú, Universidad César Vallejo. 139 p.*
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú). 2014. *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. R.D. No. 10 – 2014 – MTC/14. Lima, Perú, MTC, 17 jul. 281 p.*
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú). 2015. *Documento Técnico Soluciones Básicas en Carreteras no Pavimentadas. R.D. No. 003 – 2015 – MTC/15. Lima, Perú, MTC, 06 feb. 13 p.*
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú). 2016. *Manual de ensayo de materiales. 2016 ed. Lima, Perú, MTC, 17 jul. 281 p.*
- Norma Técnica Peruana, NTP 339.145. 1999. *Suelos, Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. Lima, Perú, 29 dic., s.e. 19 p.*
- Páez Ruano, JE; Díaz Cruz, LF. 2019. *Estudio de la Técnica de Suelo Cemento para Estabilización de Vías Terciarias en Colombia que Posean un Alto contenido de Caolín. Tesis de Maestría. Bogotá, Colombia, Universidad Santo Tomás. 93 p.*
- PROESTECH - *Estabilizando Caminos desde 1999. 2020. (en línea, sitio web). Consultado 26 may 2023. Disponible en <http://www.proes.cl/>.*
- Quiroz Castillo, LC. 2022. *Influencia De La Aplicación De Aditivos Químicos En La Estabilización De Suelos Cohesivos Para Uso Como Subrasante Mejorada De Pavimentos En La Prolongación Avenida Perú De Cajamarca 2021. Tesis de Pregrado. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 196 p.*
- Gómez Ávila AJ; Silva Navarro EE. 2020. *Influencia del aceite sulfonado y cemento portland tipo i en la estabilización de la vía Huayllillas – Buldibuyo en la provincia de Pataz, 2020, Tesis de Pregrado. Cajamarca, Perú, Universidad Privada del Norte. 322 p.*
- Yaun Diaz, YA. 2023. *Influencia del aditivo proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco – Mesones Muro, Provincia de Bagua, distrito de Imaza. Tesis de Pregrado, Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 120 p.*

## **Apéndice**

---

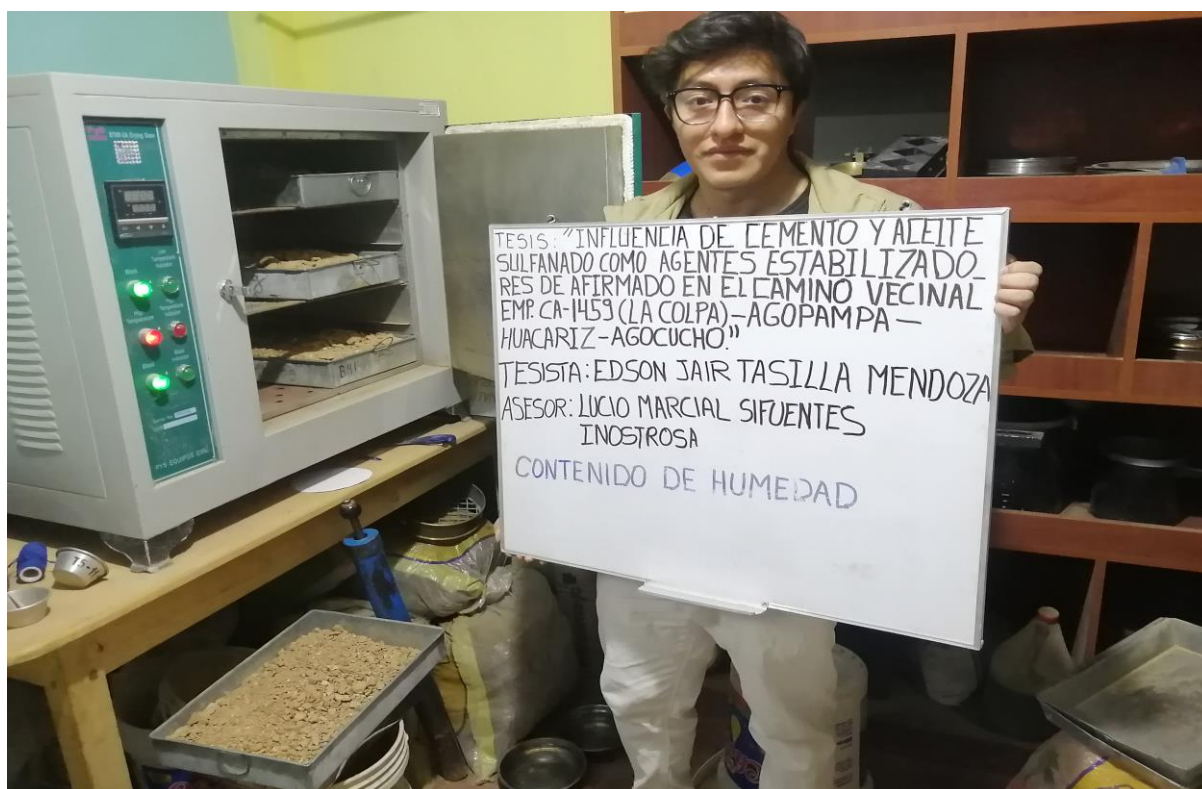


## Apéndice

### Apéndice 01: Panel Fotográfico



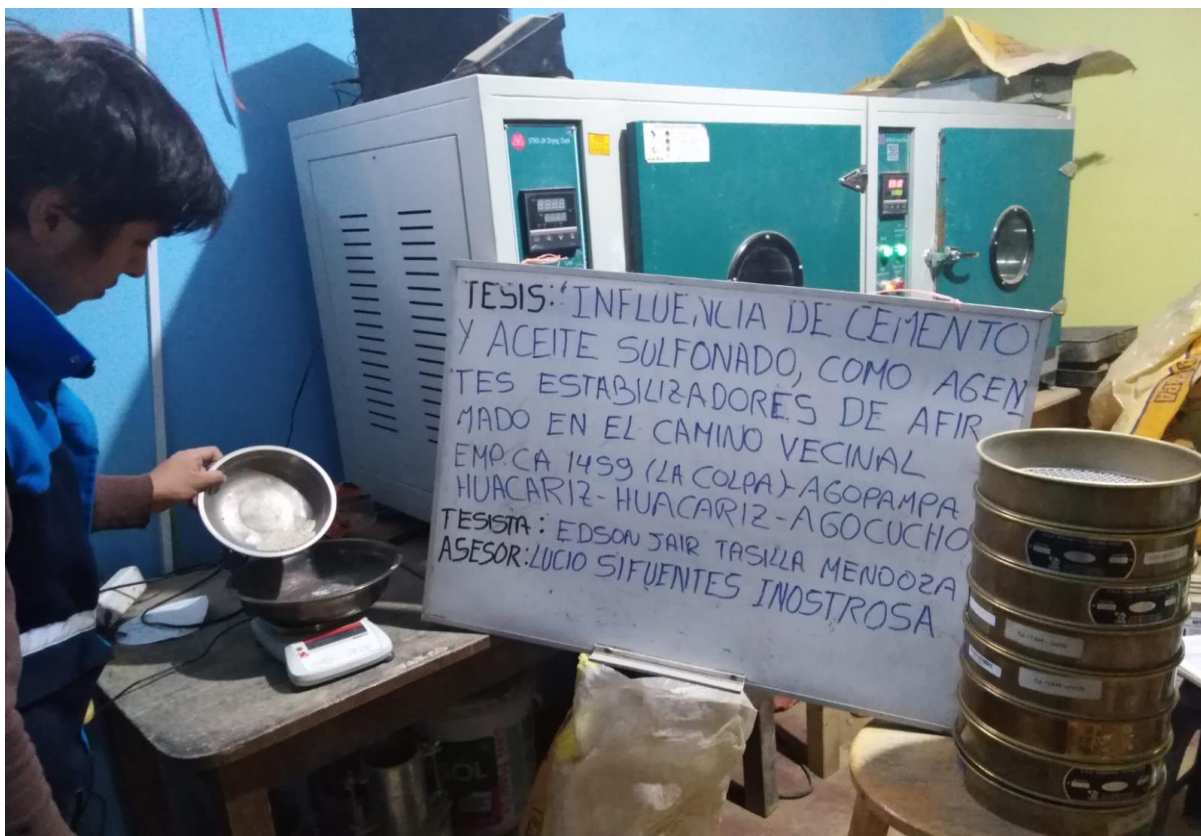
**Figura 13:** Calicatas en el camino vecinal Emp CA 1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz- Agocucho.



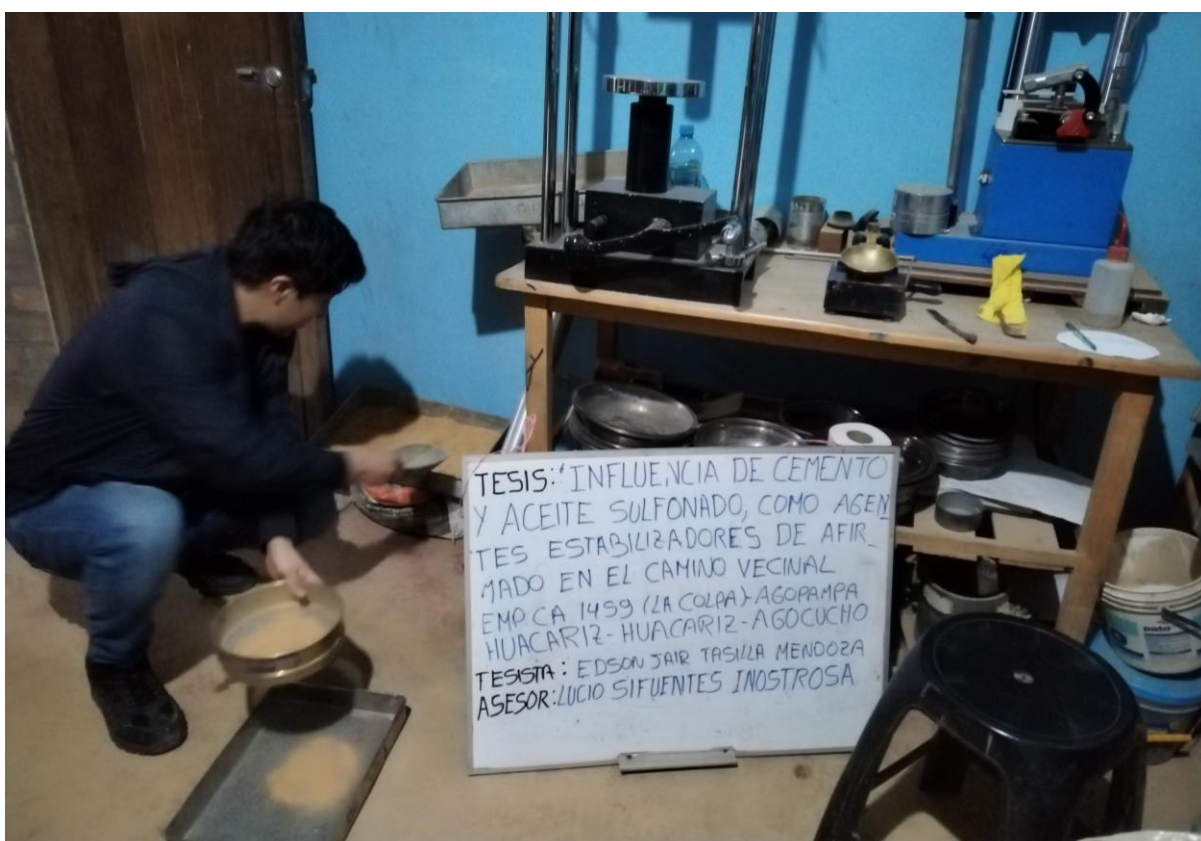
**Figura 14:** Ensayo de laboratorio - contenido de humedad.



**Figura 15:** Ensayo de laboratorio – análisis granulométrico - tamizado.



**Figura 16:** Ensayo de laboratorio – análisis granulométrico – peso de material retenido.



**Figura 17:** Ensayo de laboratorio – límites de Atterberg – tamizado por la malla N° 40.



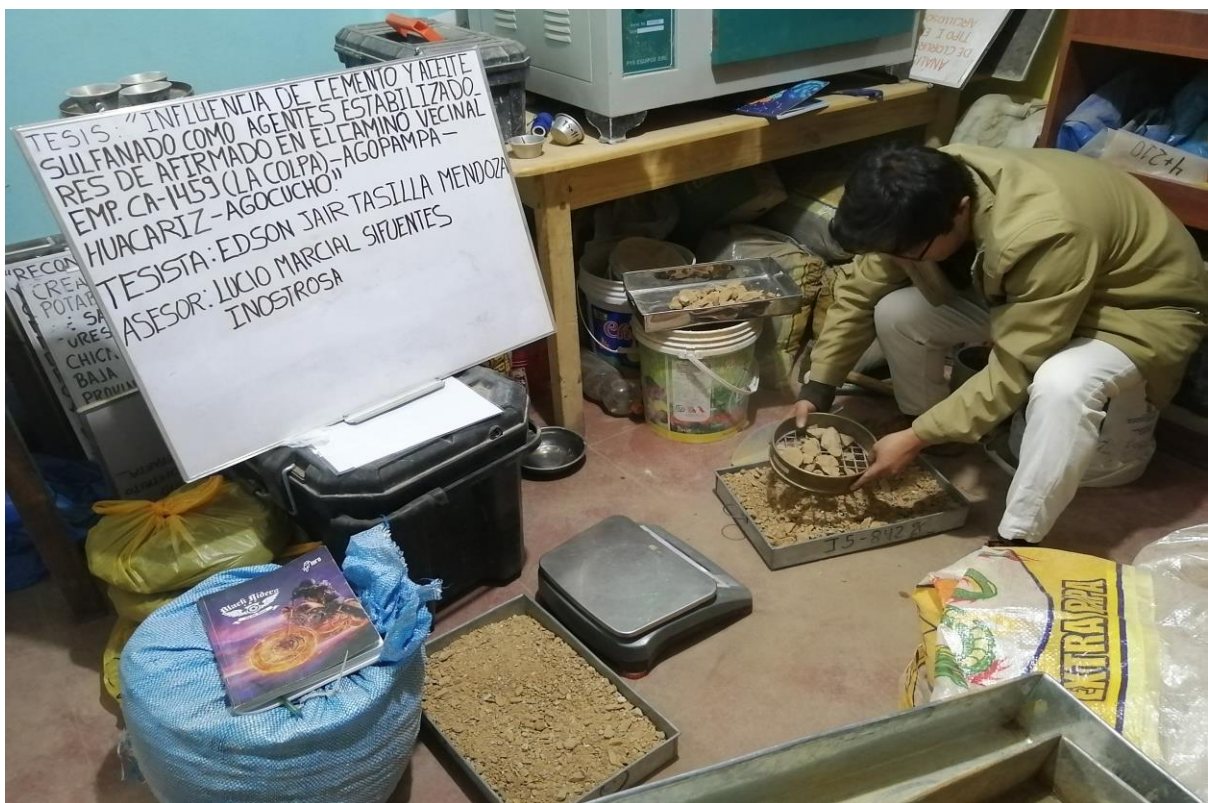
**Figura 18:** Ensayo de laboratorio – límites de Atterberg – límite líquido.



**Figura 19:** Ensayo de laboratorio – límites de Atterberg – límite plástico.



**Figura 20:** Ensayo de laboratorio – límites de Atterberg – límite plástico – muestras al horno.



**Figura 21:** Ensayo de laboratorio – Proctor modificado – tamizado de la muestra.



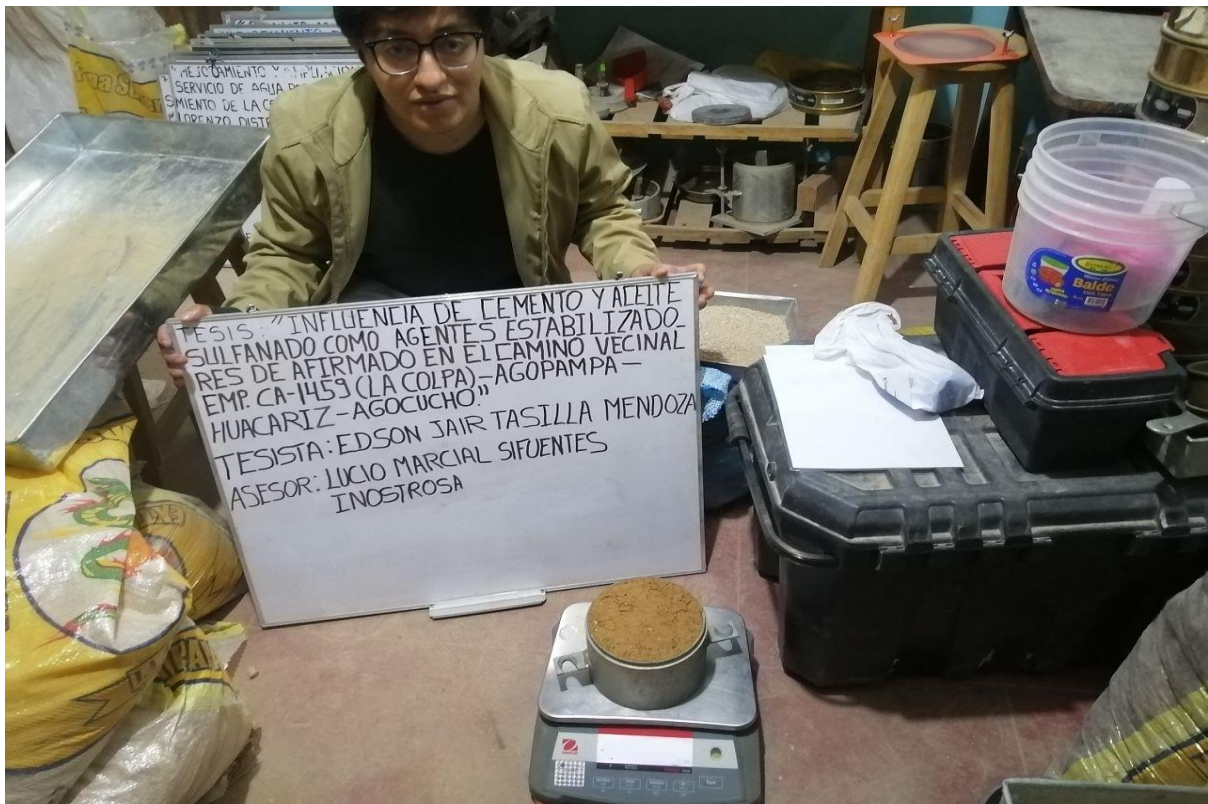
**Figura 22:** Ensayo de laboratorio – Proctor modificado – peso de agua usada.



**Figura 23:** Ensayo de laboratorio – Proctor modificado – mezclado uniforme de muestra y agua.



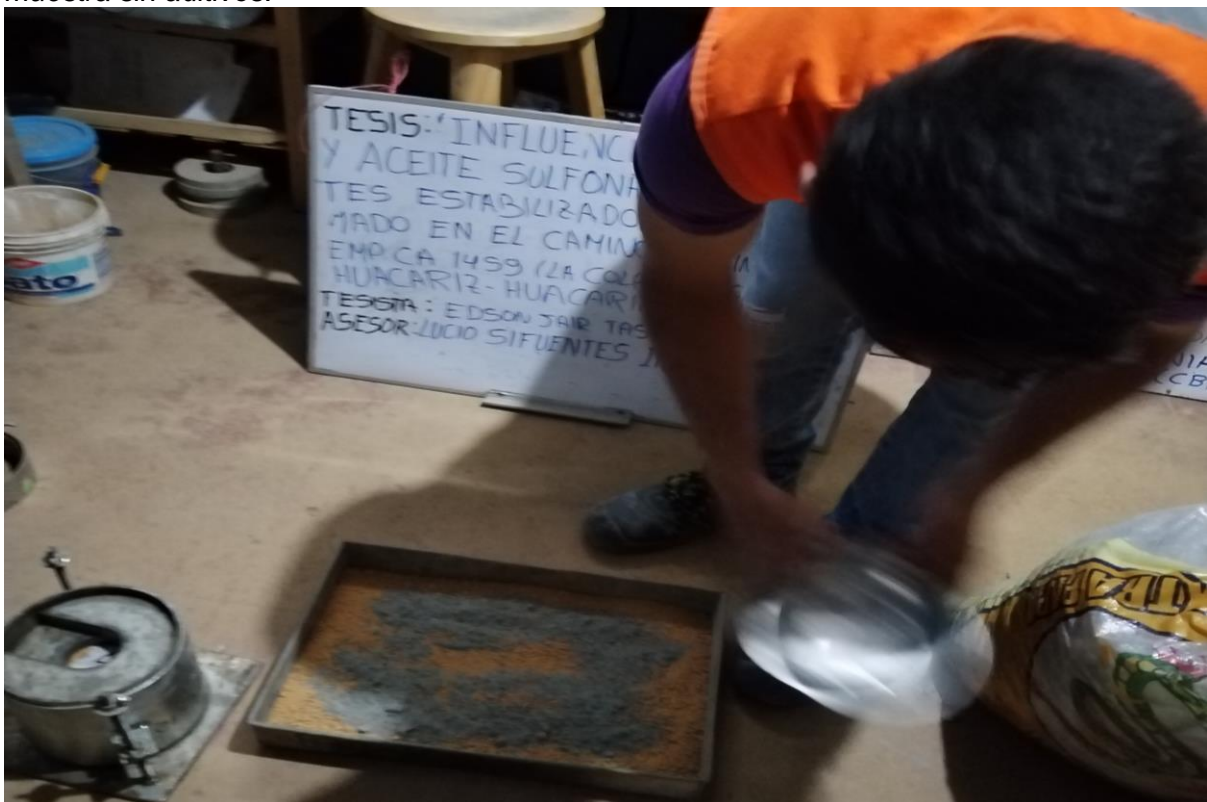
**Figura 24:** Ensayo de laboratorio – Proctor modificado – compactación por capas en el molde.



**Figura 25:** Ensayo de laboratorio – Proctor modificado – peso de la muestra.



**Figura 26:** Ensayo de laboratorio – California Bearing Ratio CBR –preparación de la muestra sin aditivos.



**Figura 27:** Ensayo de laboratorio – California Bearing Ratio CBR –preparación de la muestra con cemento.





**Figura 28:** Ensayo de laboratorio – California Bearing Ratio CBR –preparación de la muestra con cemento y aceite.



**Figura 29:** Ensayo de laboratorio – California Bearing Ratio CBR –carga penetración.



**Figura 30:** Ensayo de laboratorio – California Bearing Ratio CBR –carga penetración final.

## Apéndice 02: Ensayos En Laboratorio

### Contenido De Humedad Según ASTM D2216, AASHTOT 265

Características del proceso de secado de muestra			
Temperatura de secado	110 °C	Tiempo de secado	16 h
Contenido de humedad C1			
Identificación de Tara		B-1	
Masa de tara (g)		354.20	
M. Tara + M. Húmeda (g)		7582.00	
M. Tara + M. Seca (g)		7185.00	
Masa de agua (g)		397.00	
Masa de Muestra Seca (g)		6830.80	
W (%)		5.81%	
Contenido De Humedad C2			
Identificación De Tara		<b>B-2</b>	
Masa De Tara (G)		<b>343.10</b>	
M. Tara + M. Húmeda (G)		<b>7495.00</b>	
M. Tara + M. Seca (G)		<b>7096.00</b>	
Masa De Agua (G)		399.00	
Masa De Muestra Seca (G)		6752.90	
W (%)		<b>5.91%</b>	
Contenido De Humedad C3			
Identificación De Tara		<b>B-3</b>	
Masa De Tara (G)		<b>335.60</b>	
M. Tara + M. Húmeda (G)		<b>7352.00</b>	
M. Tara + M. Seca (G)		<b>6951.00</b>	
Masa De Agua (G)		401.00	
Masa De Muestra Seca (G)		6615.40	
W (%)		<b>6.06%</b>	
Contenido De Humedad C4			
Identificación De Tara		<b>B-4</b>	
Masa De Tara (G)		<b>340.10</b>	
M. Tara + M. Húmeda (G)		<b>7402.00</b>	
M. Tara + M. Seca (G)		<b>6991.00</b>	
Masa De Agua (G)		411.00	
Masa De Muestra Seca (G)		6650.90	
W (%)		<b>6.18%</b>	

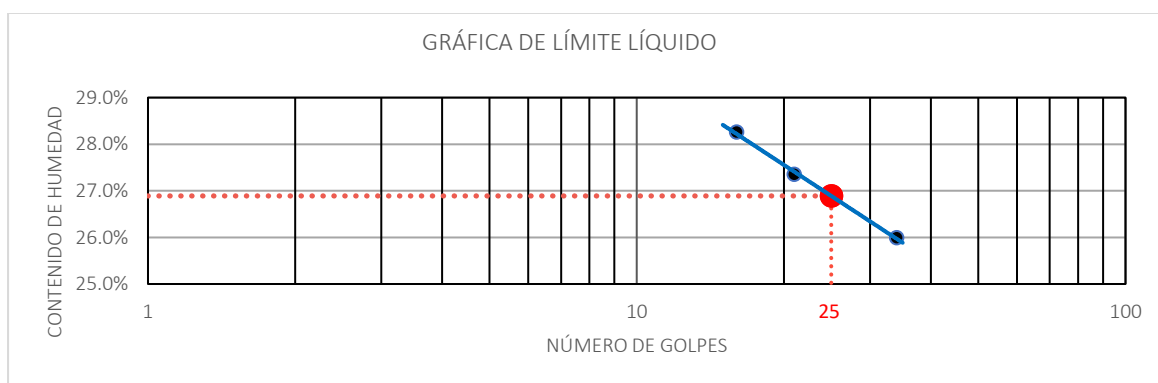
## Límites De Atterberg ASTM D4318 Y AASHTOT 89

Condiciones Del Ensayo			
Muestra A Ensayar		Contenido De Humedad (ASTM D2216)	
Temp. De Secado:	60 °C	Temp. De Secado:	110 °C
Tipo De Material:	Pasa La Malla N° 40	Tiempo De Secado:	16 H
Agua Usada:	Potable		

**Muestra:** C - 1

Límite Líquido			Límite Plástico			
Tara N°	1	2	3	Tara N°	4	5
M Tara (G)	12.91	13.25	13.18	M Tara (G)	12.95	11.63
Mt+ M. Húmeda (G)	34.56	36.39	35.72	Mt+ M. Húmeda (G)	20.85	19.27
Mt+ M. Seca (G)	29.79	31.42	31.07	Mt+ M. Seca (G)	19.57	18.04
M Agua (G)	4.77	4.97	4.65	M Agua (G)	1.28	1.23
M M. Seca (G)	16.88	18.17	17.89	M. Muestra Seca (G)	6.62	6.41
W(%)	28.26%	27.35%	25.99%	W(%)	19.34%	19.19%
N. Golpes	16	21	34	<b>Contenido De Humedad Promedio: 19.00 %</b>		

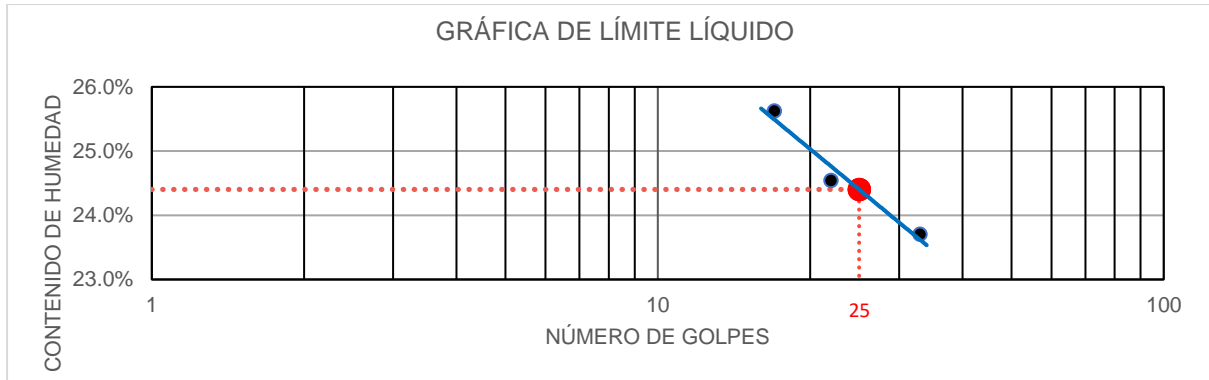
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad
27.00%	19.00%	8.00%



**Muestra:** C - 2

Límite Líquido			Límite Plástico			
TARA N°	1	2	3	TARA N°	4	5
M tara (g)	13.01	13.33	13.14	M tara (g)	12.95	11.63
Mt+ M.Húmeda (g)	34.09	35.86	35.32	Mt+ M.Húmeda (g)	20.85	19.27
Mt+ M. Seca (g)	29.79	31.42	31.07	Mt+ M. Seca (g)	19.86	18.33
M agua (g)	4.30	4.44	4.25	M agua (g)	0.99	0.94
M M.Seca (g)	16.78	18.09	17.93	M. Muestra Seca (g)	6.91	6.70
W(%)	25.63%	24.54%	23.70%	W(%)	14.33%	14.03%
N.GOLPES	17	22	33	<b>Contenido de Humedad Promedio: 14.00 %</b>		

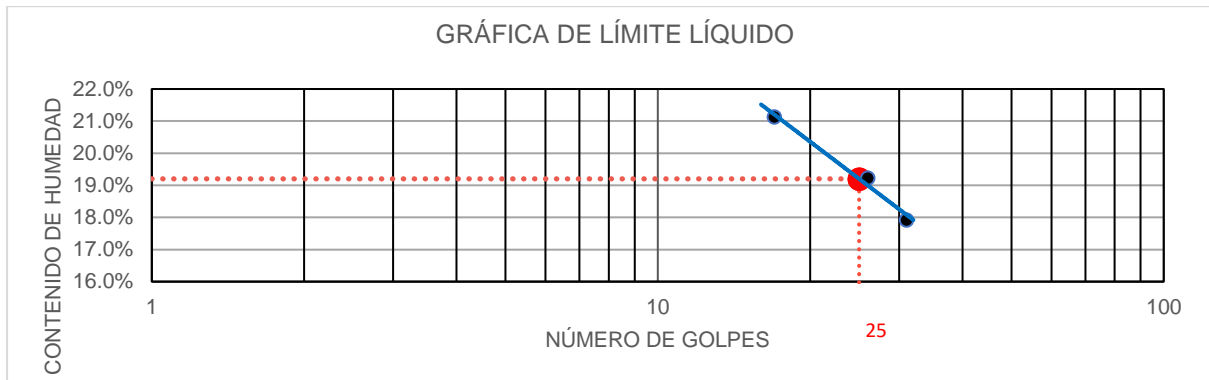
LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
24.00%	14.00%	10.00%



**Muestra:** C - 3

Límite Líquido			Límite Plástico			
Tara Nº	1	2	3	Tara Nº	4	5
M Tara (G)	15.23	17.45	14.13	M Tara (G)	13.25	12.56
Mt+ M. Húmeda (G)	36.15	34.56	35.32	Mt+ M. Húmeda (G)	19.68	18.63
Mt+ M. Seca (G)	32.50	31.80	32.10	Mt+ M. Seca (G)	19.12	18.04
M Agua (G)	3.65	2.76	3.22	M Agua (G)	0.56	0.59
M M. Seca (G)	17.27	14.35	17.97	M. Muestra Seca (G)	5.87	5.48
W(%)	21.13%	19.23%	17.92%	W(%)	9.54%	10.77%
N. Golpes	17	26	31	<b>Contenido De Humedad Promedio: 10.00%</b>		

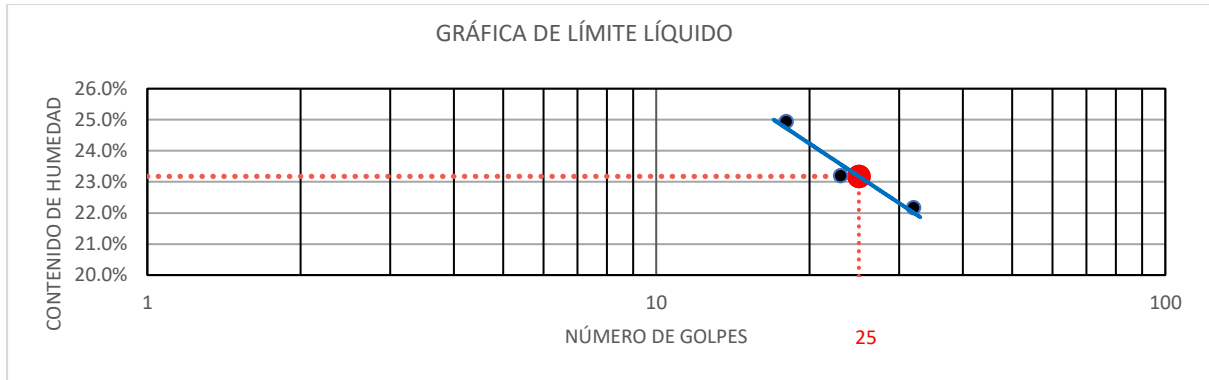
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad
19.00%	10.00%	9.00%



**Muestra:** C - 4

Límite Líquido			Límite Plástico			
Tara Nº	1	2	3	Tara Nº	4	5
M Tara (G)	15.23	17.45	14.13	M Tara (G)	13.25	12.56
Mt+ M. Húmeda (G)	36.32	35.13	36.23	Mt+ M. Húmeda (G)	20.44	19.64
Mt+ M. Seca (G)	32.11	31.80	32.22	Mt+ M. Seca (G)	19.54	18.68
M Agua (G)	4.21	3.33	4.01	M Agua (G)	0.90	0.96
M M. Seca (G)	16.88	14.35	18.09	M. Muestra Seca (G)	6.29	6.12
W(%)	24.94%	23.21%	22.17%	W(%)	14.31%	15.69%
N. Golpes	18	23	32	<b>Contenido De Humedad Promedio: 15.00 %</b>		

Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad
23.00%	15.00%	8.00%



**Análisis Granulométrico ASTM D 422 AASHTOT 88**

<b>condiciones del ensayo</b>	
temperatura de secado de la muestra:	110 °c
<b>condiciones iniciales de la muestra</b>	
peso total muestra seca (g)	<b>6200.00</b>
peso total muestra seca < n° 4 (g)	3316.00
peso total muestra seca > n° 4 (g)	2884.00
peso total muestra húmeda (g)	6203.60
<b>condiciones iniciales fracción fina</b>	
peso seco fracción fina (g)	<b>250.00</b>
corrección de muestra cuarteada	0.2139

**Muestra:** C - 1

**Análisis Fracción Gruesa**

Tamiz	Abertura (Mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	225.00	3.63	3.63	96.37
¾"	19.05	368.00	5.94	9.56	90.44
½"	12.70	784.00	12.65	22.21	77.79
3/8"	9.52	639.00	10.31	32.52	67.48
¼"	6.35	475.00	7.66	40.18	59.82
N°4	4.75	393.00	6.34	46.52	<b>53.48</b>
Total	W G =	2884.00			

**Análisis Fracción Fina**

Tamiz	Abertura (Mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N 10	2.00	37.20	7.96	54.47	45.53
N 20	0.85	31.10	6.65	61.13	38.87
N 30	0.60	24.50	5.24	66.37	33.63
N 40	0.43	20.90	4.47	70.84	29.16
N 60	0.25	17.10	3.66	74.50	25.50
N 100	0.15	13.50	2.89	77.39	22.61
N 200	0.08	16.20	3.47	80.85	<b>19.15</b>
Cazoleta	--	--	--	--	--

**Propiedades De La Muestra**

Porcentaje De Grava, Arenas Y Finos		% Total
Grava (%):	46.52	<b>100.00</b>
Arena Gruesa (%):	24.32	

Arena Fina (%): 10.0  
 Finos (%): 19.15  
 Coeficientes Diámetros Efectivos  
 Cu = - D60 = 6.410  
 Cc = - D30 = 0.453  
 D10 = 0.000

Límites De Consistencia ASTM D4318 / AASHTOT 89

Límite Líquido: 27.00%

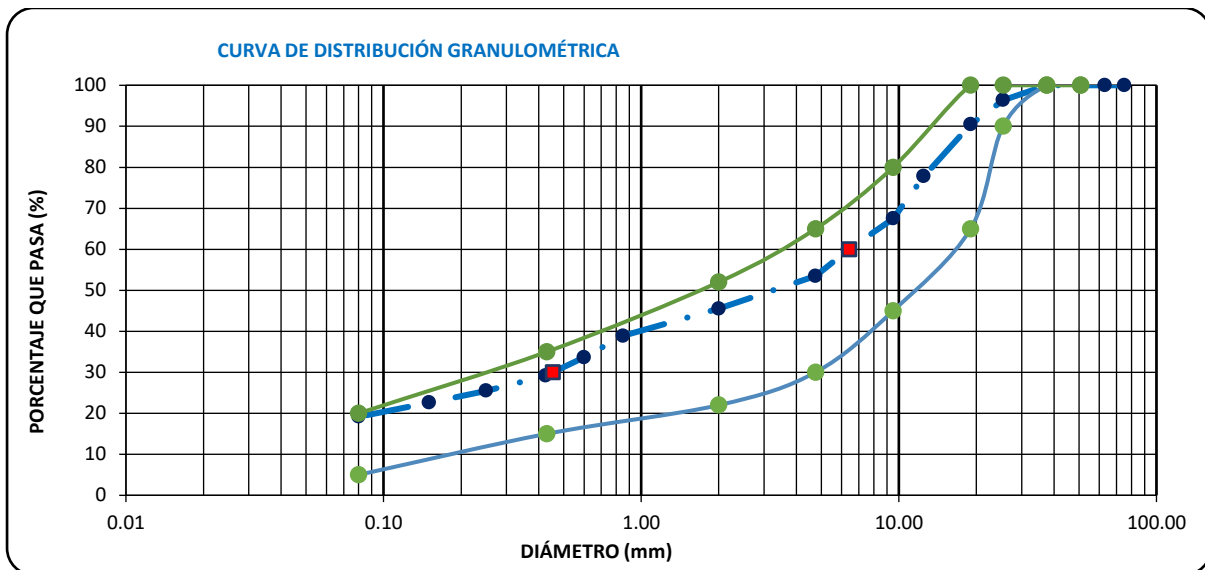
Límite Plástico: 19.00%

Índice De Plasticidad (Ip): 8.00%

Clasificación

S.U.C.S. : **Sm-Sc**

A.A.S.H.T.O. : **A-2-4 (0)**



**Muestra:** C - 2

**condiciones del ensayo**

temperatura de secado de la muestra: 110 °c

**condiciones iniciales de la muestra**

peso total muestra seca (g) **6150.00**

peso total muestra seca < n° 4 (g) 3286.00

peso total muestra seca > n° 4 (g) 2864.00

peso total muestra húmeda (g) 6153.63

**condiciones iniciales fracción fina**

peso seco fracción fina (g) **250.00**

corrección de muestra cuarteada 0.2137

**Análisis Fracción Gruesa**

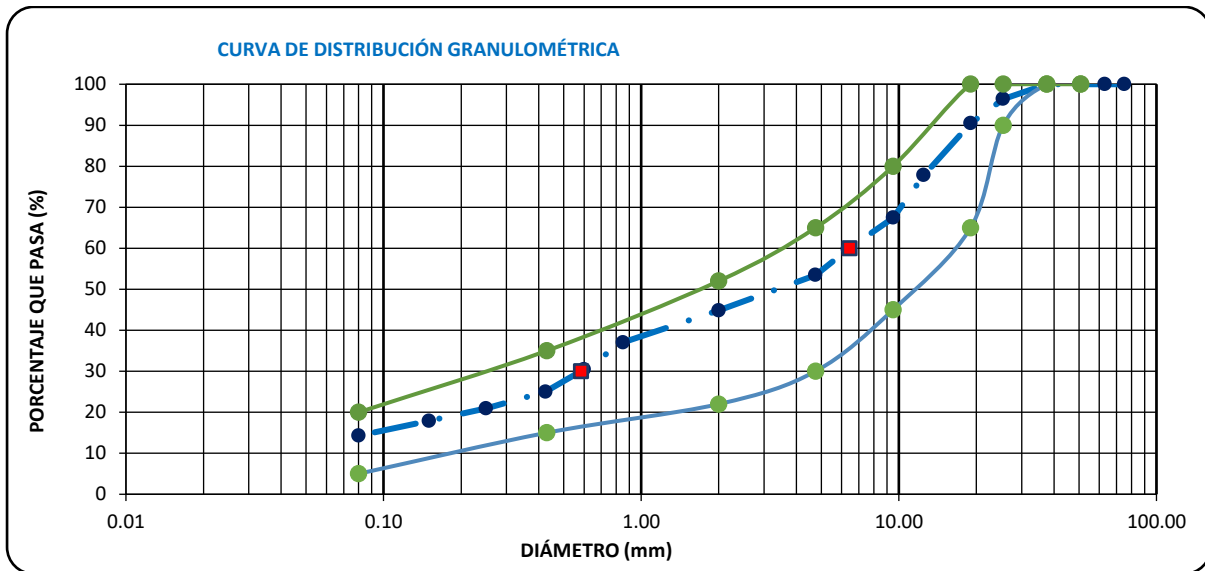
Tamiz	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
Nº	Abertura (Mm)	Parcial	Parcial	Acumulado
3"	76.20	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	221.00	3.59	96.41
¾"	19.05	365.00	5.93	90.47
½"	12.70	779.00	12.67	77.80
3/8"	9.52	639.00	10.39	67.41
¼"	6.35	471.00	7.66	59.76
N°4	4.75	389.00	6.33	<b>53.43</b>
Total	W G =	2864.00		

Análisis Fracción Fina

Tamiz	Abertura (Mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°					
N 10	2.00	40.30	8.61	55.18	44.82
N 20	0.85	36.60	7.82	63.00	37.00
N 30	0.60	30.60	6.54	69.54	30.46
N 40	0.43	25.60	5.47	75.02	24.98
N 60	0.25	18.90	4.04	79.06	20.94
N 100	0.15	14.30	3.06	82.11	17.89
N 200	0.08	16.90	3.61	85.72	<b>14.28</b>
Cazoleta	--	--	--	--	--

Propiedades De La Muestra

Porcentaje De Grava, Arenas Y Finos		% Total
Grava (%):	46.57	
Arena Gruesa (%):	28.45	<b>100.00</b>
Arena Fina (%):	10.7	
Finos (%):	14.28	
Coeficientes		Diámetros Efectivos
Cu =	-	D60 = 6.432
Cc =	-	D30= 0.583
		D10 = 0.000
Límites De Consistencia ASTM D4318 / AASHTOT 89		
Límite Líquido:	24.00%	
Límite Plástico:	19.00%	
Índice De Plasticidad (Ip):	5.00%	
Clasificación		
S.U.C.S. :	<b>Sm-Sc</b>	
A.A.S.H.T.O. :	<b>A-2-4 (0)</b>	



Muestra: C -3

condiciones del ensayo

temperatura de secado de la muestra: 110 °c

condiciones iniciales de la muestra

peso total muestra seca (g) **6200.00**

peso total muestra seca < n° 4 (g) 3391.00

peso total muestra seca > n° 4 (g) 2809.00



peso total muestra húmeda (g)	6203.76
<b>condiciones iniciales fracción fina</b>	
peso seco fracción fina (g)	<b>250.00</b>
corrección de muestra cuarteada	0.2188

**Análisis Fracción Gruesa**

Tamiz		Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
Nº	Abertura (Mm)	Parcial	Parcial	Acumulado	
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	211.00	3.40	3.40	96.60
¾"	19.05	346.00	5.58	8.98	91.02
½"	12.70	710.00	11.45	20.44	79.56
3/8"	9.52	629.00	10.15	30.58	69.42
¼"	6.35	401.00	6.47	37.05	62.95
Nº4	4.75	512.00	8.26	45.31	<b>54.69</b>
Total	W G =	2809.00			

**Análisis Fracción Fina**

Tamiz		Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
Nº	Abertura (Mm)	Parcial	Retenido Parcial	Acumulado	
N 10	2.00	28.30	6.19	51.50	48.50
N 20	0.85	27.30	5.97	57.47	42.53
N 30	0.60	24.10	5.27	62.74	37.26
N 40	0.43	22.10	4.83	67.58	32.42
N 60	0.25	23.36	5.11	72.69	27.31
N 100	0.15	20.50	4.48	77.17	22.83
N 200	0.08	15.00	3.28	80.45	<b>19.55</b>
Cazoleta	--	--	--	--	--

**Propiedades De La Muestra**

Porcentaje De Grava, Arenas Y Finos		% Total
Grava (%):	45.31	
Arena Gruesa (%):	22.27	<b>100.00</b>
Arena Fina (%):	12.9	
Finos (%):	19.55	
Coeficientes	Diámetros Efectivos	
Cu =	- D60 =	5.724
Cc =	- D30=	0.330
	D10 =	0.000

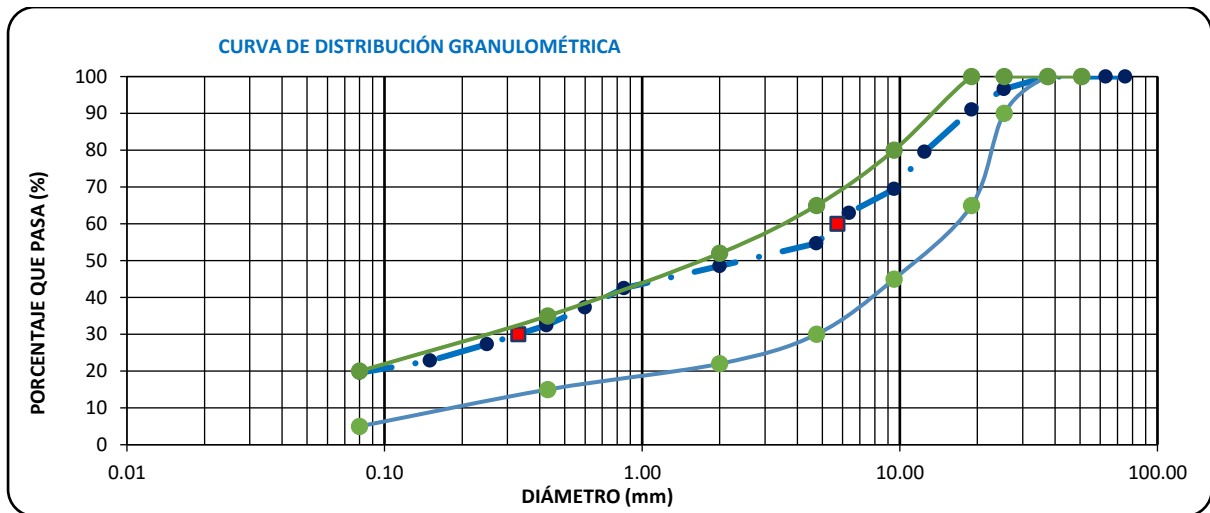
**Límites De Consistencia ASTM D4318 / AASHTOT 89**

Límite Líquido:	19.00%
Límite Plástico:	10.00%

Índice De Plasticidad (Ip): 9.00%

**Clasificación**

S.U.C.S. :	<b>Sc</b>
A.A.S.H.T.O. :	<b>A-2-4 (0)</b>



**Muestra:** C - 4

**condiciones iniciales de la muestra**

peso total muestra seca (g)	<b>6200.00</b>
peso total muestra seca < n° 4 (g)	3434.00
peso total muestra seca > n° 4 (g)	2766.00
peso total muestra húmeda (g)	6203.83

**condiciones iniciales fracción fina**

peso seco fracción fina (g)	<b>250.00</b>
corrección de muestra cuarteada	0.2215

**Análisis Fracción Gruesa**

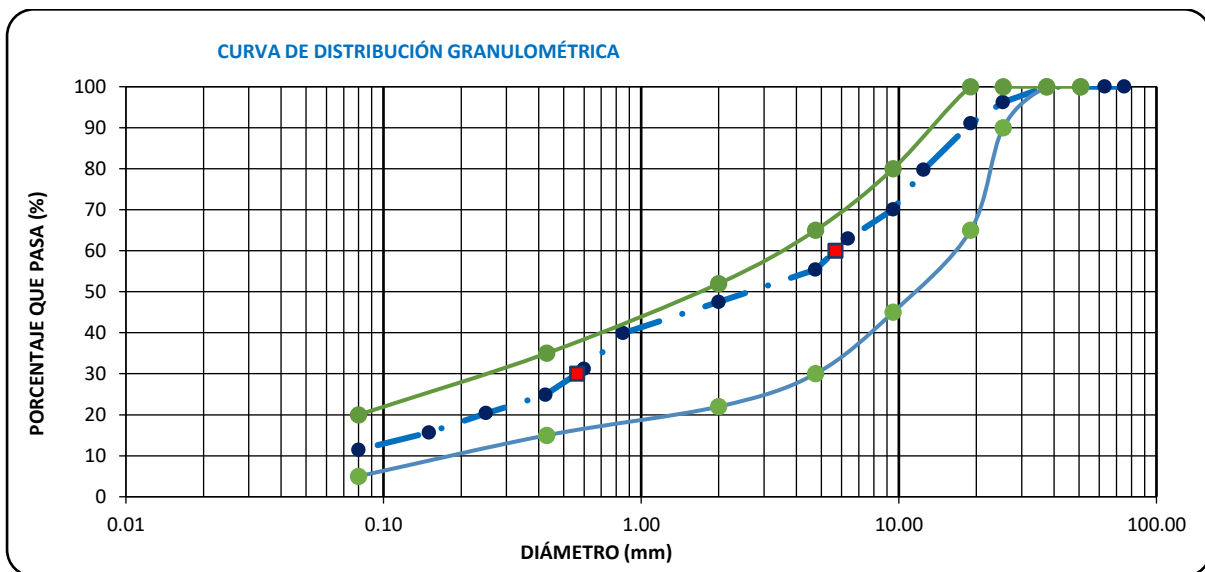
Tamiz		Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
Nº	Abertura (Mm)	Parcial	Parcial	Acumulado	
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	235.00	3.79	3.79	96.21
¾"	19.05	322.00	5.19	8.98	91.02
½"	12.70	698.00	11.26	20.24	79.76
3/8"	9.52	602.00	9.71	29.95	70.05
¼"	6.35	442.00	7.13	37.08	62.92
Nº4	4.75	467.00	7.53	44.61	<b>55.39</b>
Total	W G =	2766.00			

**Análisis Fracción Fina**

Tamiz		Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
Nº	Abertura (Mm)	Parcial	Retenido Parcial	Acumulado	
N 10	2.00	35.60	7.89	52.50	47.50
N 20	0.85	34.40	7.62	60.12	39.88
N 30	0.60	39.40	8.73	68.85	31.15
N 40	0.43	28.40	6.29	75.14	24.86
N 60	0.25	20.20	4.48	79.62	20.38
N 100	0.15	21.40	4.74	84.36	15.64
N 200	0.08	18.90	4.19	88.55	<b>11.45</b>
Cazoleta	--	--	--	--	--

Propiedades De La Muestra

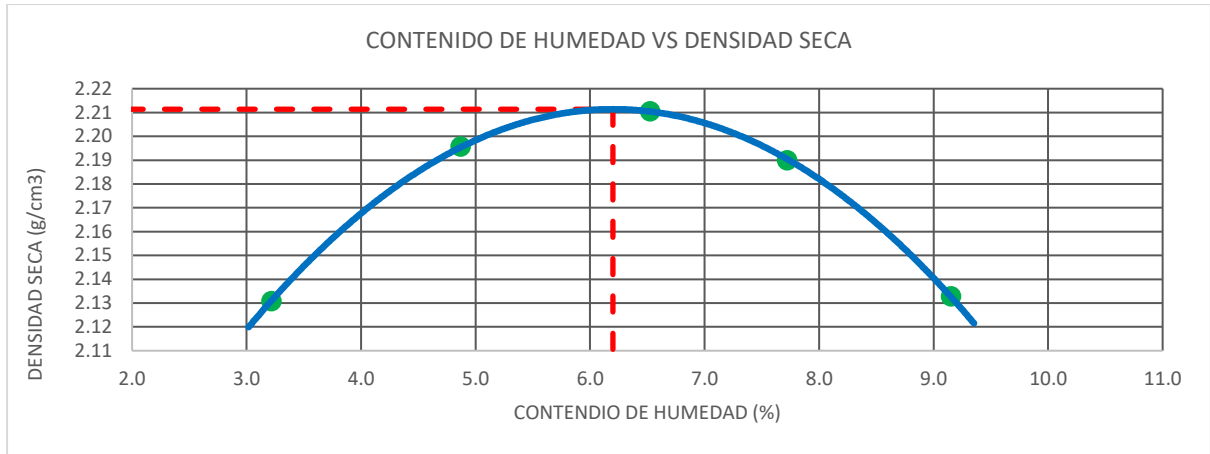
Porcentaje De Grava, Arenas Y Finos		% Total
Grava (%):	44.61	
Arena Gruesa (%):	30.53	<b>100.00</b>
Arena Fina (%):	13.4	
Finos (%):	11.45	
Coeficientes		Diámetros Efectivos
Cu =	- D60 =	5.674
Cc =	- D30=	0.563
	D10 =	0.000
Límites De Consistencia ASTM D4318 / AASHTOT 89		
Límite Líquido:	23.00%	
Límite Plástico:	15.00%	
Índice De Plasticidad (Ip):	8.00%	
Clasificación		
S.U.C.S. :	<b>Sc</b>	
A.A.S.H.T.O. :	<b>A-2-4 (0)</b>	



**Proctor Modificado ASTM D1557 AASHTOT 180**

Muestra: C - 1

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	1	2	3	4	5
Nº De Capas	5	5	5	5	5
Nº De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	7923.00	8143.00	8254.00	8263.00	8197.00
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4687.00	4907.00	5018.00	5027.00	4961.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.199</b>	<b>2.303</b>	<b>2.355</b>	<b>2.359</b>	<b>2.328</b>
Contenido De Humedad					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>631.00</b>	<b>605.00</b>	<b>658.00</b>	<b>629.00</b>	<b>643.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>614.00</b>	<b>581.00</b>	<b>622.00</b>	<b>590.00</b>	<b>596.00</b>
Peso Agua (G)	17.00	24.00	36.00	39.00	47.00
Peso Tara (G)	<b>85.70</b>	<b>88.10</b>	<b>70.30</b>	<b>84.90</b>	<b>82.50</b>
Peso Muestra Seca (G)	528.30	492.90	551.70	505.10	513.50
Contenido De Humedad (%)	<b>3.22</b>	<b>4.87</b>	<b>6.53</b>	<b>7.72</b>	<b>9.15</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.131</b>	<b>2.196</b>	<b>2.211</b>	<b>2.190</b>	<b>2.133</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

Cont. De Humedad Óptimo (%) :

2.211

6.20

Muestra: C - 2

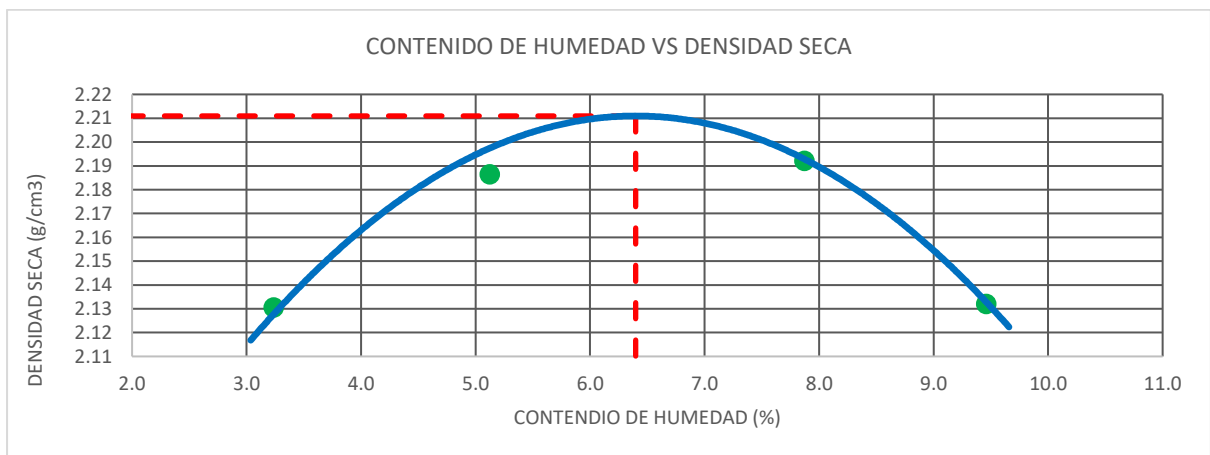
Método De Ensayo "C" T. Estufa (°C) : 110 Diámetro Molde (Cm) : 15.24

Densidad Húmeda

Ensayo	1	2	3	4	5
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>7911.00</b>	<b>8122.00</b>	<b>8254.00</b>	<b>8263.00</b>	<b>8197.00</b>
Peso Molde (G)	3224.00	3224.00	3224.00	3224.00	3224.00
Peso Húmedo (G)	4687.00	4898.00	5030.00	5039.00	4973.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.199</b>	<b>2.298</b>	<b>2.360</b>	<b>2.365</b>	<b>2.334</b>

Contenido De Humedad

Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>628.00</b>	<b>601.00</b>	<b>645.00</b>	<b>633.00</b>	<b>638.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>611.00</b>	<b>576.00</b>	<b>611.00</b>	<b>593.00</b>	<b>590.00</b>
Peso Agua (G)	17.00	25.00	34.00	40.00	48.00
Peso Tara (G)	<b>85.70</b>	<b>88.10</b>	<b>70.30</b>	<b>84.90</b>	<b>82.50</b>
Peso Muestra Seca (G)	525.30	487.90	540.70	508.10	507.50
Contenido De Humedad (%)	<b>3.24</b>	<b>5.12</b>	<b>6.29</b>	<b>7.87</b>	<b>9.46</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.130</b>	<b>2.186</b>	<b>2.221</b>	<b>2.192</b>	<b>2.132</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

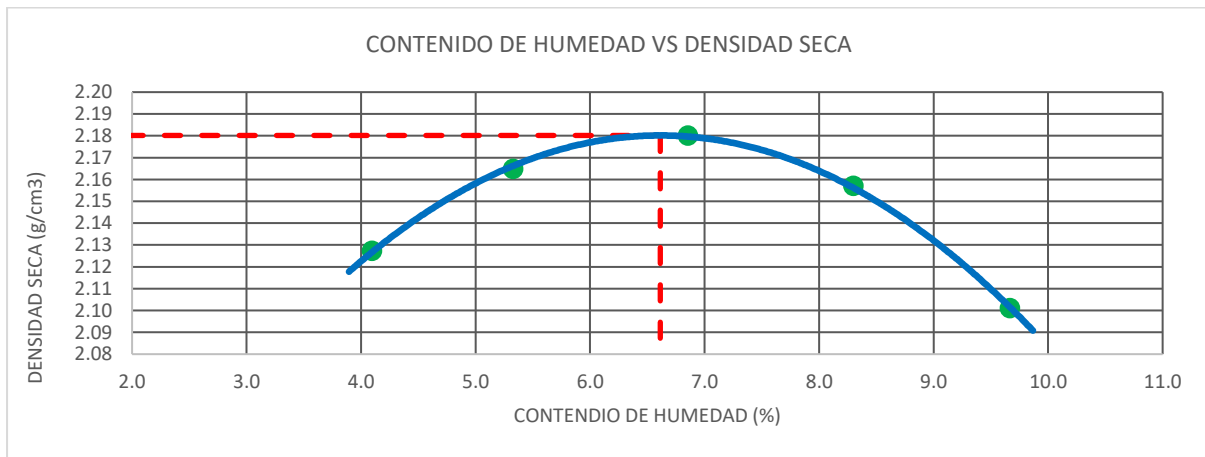
Cont. De Humedad Óptimo (%) :

2.211

6.40

Muestra: C - 3

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	1	2	3	4	5
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>7943.00</b>	<b>8083.00</b>	<b>8188.00</b>	<b>8202.00</b>	<b>8134.00</b>
Peso Molde (G)	3224.00	3224.00	3224.00	3224.00	3224.00
Peso Húmedo (G)	4719.00	4859.00	4964.00	4978.00	4910.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.214</b>	<b>2.280</b>	<b>2.329</b>	<b>2.336</b>	<b>2.304</b>
Contenido De Humedad					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>645.00</b>	<b>622.00</b>	<b>616.00</b>	<b>633.00</b>	<b>627.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>623.00</b>	<b>595.00</b>	<b>581.00</b>	<b>591.00</b>	<b>579.00</b>
Peso Agua (G)	22.00	27.00	35.00	42.00	48.00
Peso Tara (G)	<b>85.70</b>	<b>88.10</b>	<b>70.30</b>	<b>84.90</b>	<b>82.50</b>
Peso Muestra Seca (G)	537.30	506.90	510.70	506.10	496.50
Contenido De Humedad (%)	<b>4.09</b>	<b>5.33</b>	<b>6.85</b>	<b>8.30</b>	<b>9.67</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.127</b>	<b>2.165</b>	<b>2.180</b>	<b>2.157</b>	<b>2.101</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

Cont. De Humedad Óptimo (%) :

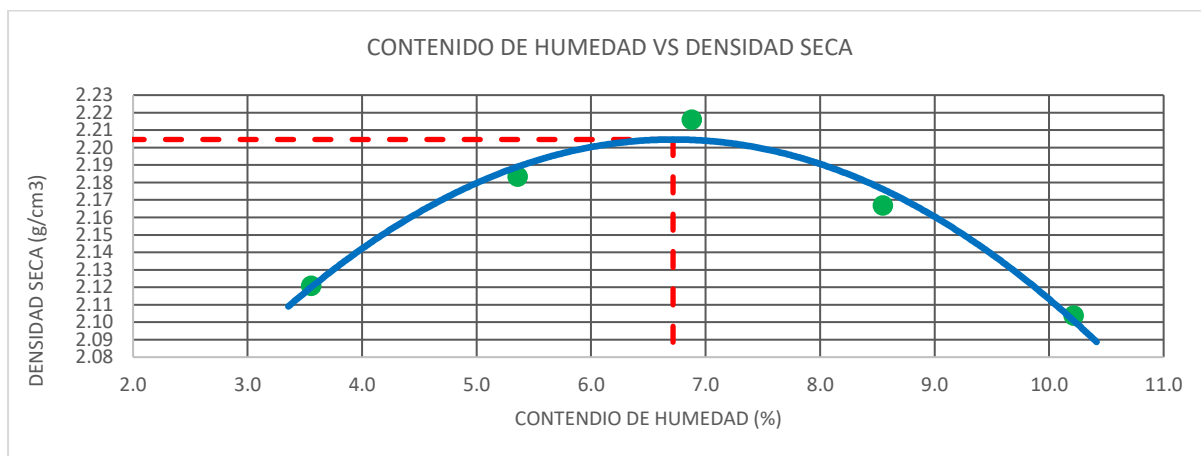
2.180

6.61

Muestra: C - 4

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	1	2	3	4	5
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>7904.00</b>	<b>8126.00</b>	<b>8271.00</b>	<b>8236.00</b>	<b>8165.00</b>
Peso Molde (G)	3224.00	3224.00	3224.00	3224.00	3224.00
Peso Húmedo (G)	4680.00	4902.00	5047.00	5012.00	4941.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.196</b>	<b>2.300</b>	<b>2.368</b>	<b>2.352</b>	<b>2.319</b>
Contenido De Humedad					

Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>639.00</b>	<b>619.00</b>	<b>614.00</b>	<b>631.00</b>	<b>622.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>620.00</b>	<b>592.00</b>	<b>579.00</b>	<b>588.00</b>	<b>572.00</b>
Peso Agua (G)	19.00	27.00	35.00	43.00	50.00
Peso Tara (G)	85.70	88.10	70.30	84.90	82.50
Peso Muestra Seca (G)	534.30	503.90	508.70	503.10	489.50
Contenido De Humedad (%)	<b>3.56</b>	<b>5.36</b>	<b>6.88</b>	<b>8.55</b>	<b>10.21</b>
Densidad Seca (G/Cm <sup>3</sup> )	<b>2.121</b>	<b>2.183</b>	<b>2.216</b>	<b>2.167</b>	<b>2.104</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm<sup>3</sup>) :

Cont. De Humedad Óptimo (%) :

2.205

6.72

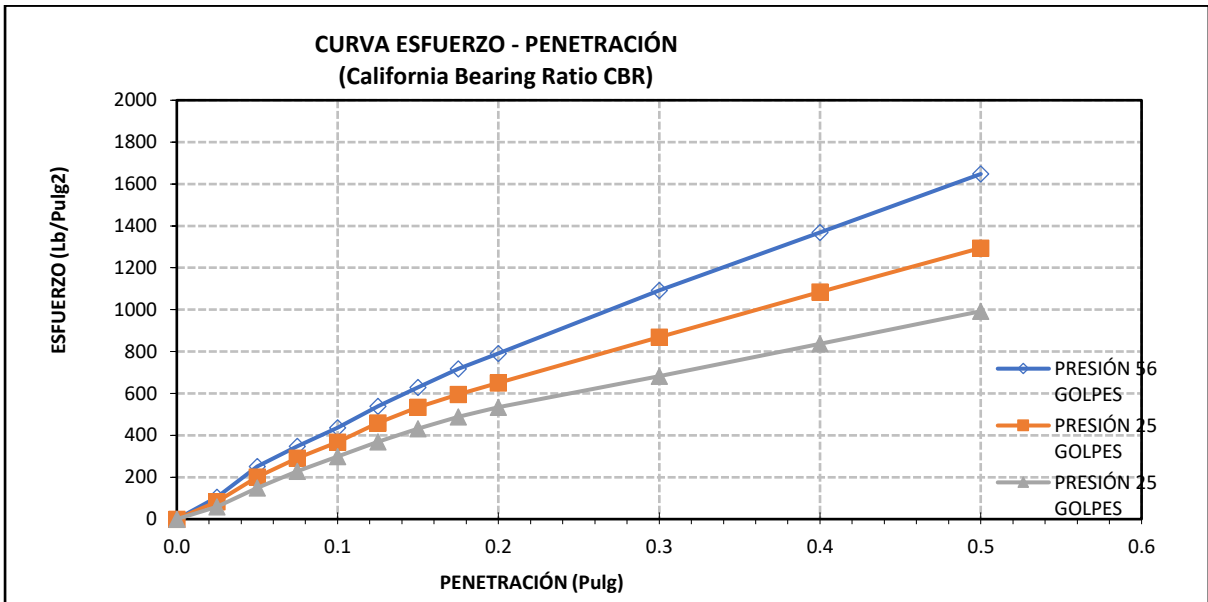
### Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 AASHTOT 193

Muestra: C - 1

Compactación C B R							
N° Golpes Por Capa	12		25		56		
Altura Molde (Mm)	116.610		117.340		116.460		
N° Capas	5		5		5		
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12240.0</b>	<b>12294.0</b>	<b>12297.0</b>	<b>12353.0</b>	<b>12949.0</b>	<b>13001.0</b>	
Peso Molde (G)	7545.0	7545.0	7463.0	7463.0	7961.0	7961.0	
Peso De Muestra Húmeda (G)	4695.0	4749.0	4834.0	4890.0	4988.0	5040.0	
Volumen Del Molde (Cm <sup>3</sup> )	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82	
Densidad Húmeda (G/Cm <sup>3</sup> )	2.218	2.244	2.289	2.315	2.366	2.391	
Contenido De Humedad							
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B	
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	752.00	803.00	724.00	776.00	785.00	859.00	
Peso Seco + Tara (G)	712.00	753.00	686.00	728.00	744.00	806.00	
Peso Agua (G)	40.00	50.00	38.00	48.00	41.00	53.00	
Peso Tara (G)	78.50	81.20	64.90	67.30	88.20	85.60	
Peso Muestra Seca (G)	633.50	671.80	621.10	660.70	655.80	720.40	
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>6.31%</b>	<b>7.44%</b>	<b>6.12%</b>	<b>7.27%</b>	<b>6.25%</b>	<b>7.36%</b>	
Densidad Seca (G/Cm <sup>3</sup> )	<b>2.087</b>	<b>2.088</b>	<b>2.157</b>	<b>2.158</b>	<b>2.227</b>	<b>2.227</b>	

Ensayo Carga - Penetración

Diámetro Del Pistón:		5		Cm		Área Del Pistón:		19.635		Cm2	
Penetración		Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes			
(Mm)	(Pulg)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	
0.64	0.025	42.9	2.18	31.21	60.0	3.05	43.62	76.0	3.87	55.27	
1.27	0.050	136.3	6.94	99.19	183.9	9.37	133.83	229.9	11.71	167.24	
1.91	0.075	262.0	13.34	190.63	333.5	16.99	242.67	398.6	20.30	290.01	
2.54	<b>0.100</b>	<b>411.6</b>	<b>20.96</b>	<b>299.49</b>	<b>504.7</b>	<b>25.70</b>	<b>367.18</b>	<b>599.3</b>	<b>30.52</b>	<b>436.00</b>	
3.18	0.125	507.7	25.86	369.40	630.6	32.11	458.78	741.0	37.74	539.10	
3.81	0.150	593.8	30.24	432.06	735.2	37.44	534.91	864.9	44.05	629.28	
4.45	0.175	672.0	34.22	488.91	818.9	41.70	595.78	986.2	50.23	717.51	
5.08	<b>0.200</b>	<b>734.2</b>	<b>37.39</b>	<b>534.15</b>	<b>893.0</b>	<b>45.48</b>	<b>649.70</b>	<b>1086.7</b>	<b>55.35</b>	<b>790.67</b>	
7.62	0.300	937.3	47.74	681.96	1193.6	60.79	868.39	1500.9	76.44	1092.03	
10.16	0.400	1149.5	58.54	836.30	1491.1	75.94	1084.89	1881.0	95.80	1368.58	
12.70	0.500	1364.2	69.48	992.58	1779.4	90.63	1294.65	2265.0	115.36	1647.96	



N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	299.49	20.96	1000	29.95	2.087
Presión 25 Golpes	367.18	25.70	1000	36.72	2.157
Presión 56 Golpes	436.00	30.52	1000	43.60	2.227

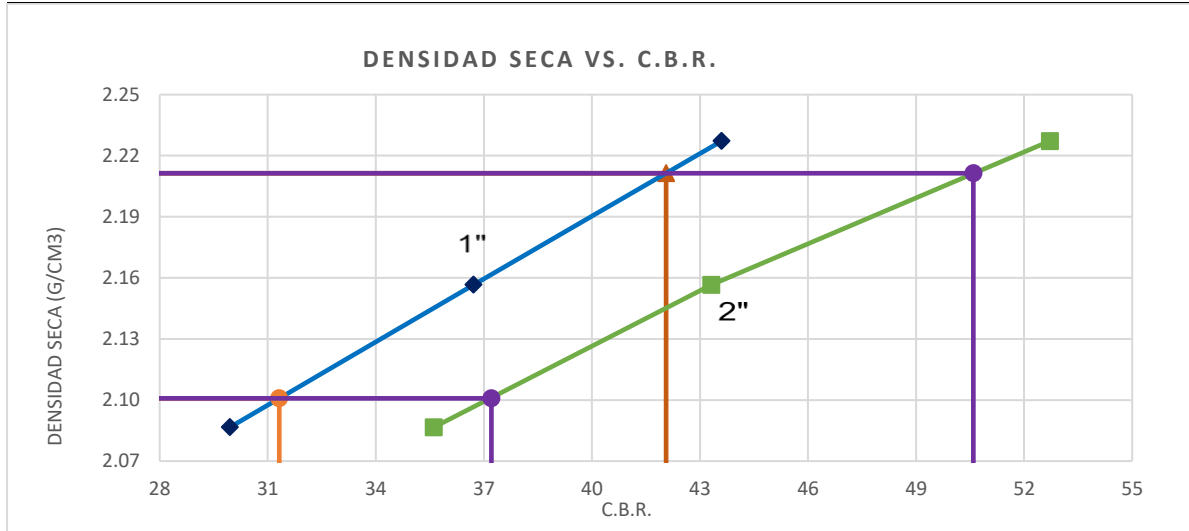
N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	534.15	37.39	1500	35.61	2.087
Presión 25 Golpes	649.70	45.48	1500	43.31	2.157
Presión 56 Golpes	790.67	55.35	1500	52.71	2.227

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=

**31.32%**

C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>42.06%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>37.21%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>50.59%</b>



**Muestra:** C - 2

**Compactación C B R**

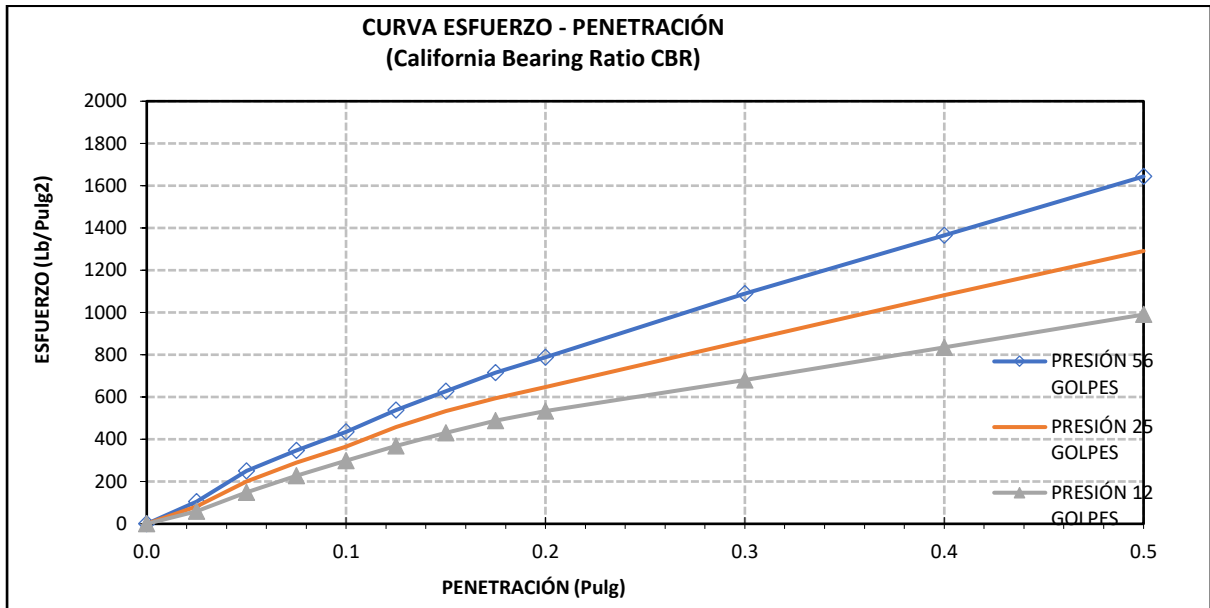
N° Golpes Por Capa	12	25	56			
Altura Molde (Mm)	116.610	117.340	116.460			
N° Capas	5	5	5			
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12226.0</b>	<b>12289.0</b>	<b>12290.0</b>	<b>12334.0</b>	<b>12941.0</b>	<b>12978.0</b>
Peso Molde (G)	<b>7545.0</b>	<b>7545.0</b>	<b>7463.0</b>	<b>7430.0</b>	<b>7961.0</b>	<b>7982.0</b>
Peso De Muestra Húmeda (G)	4681.0	4744.0	4827.0	4904.0	4980.0	4996.0
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.212	2.242	2.285	2.322	2.363	2.370
Contenido De Humedad						
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>749.00</b>	<b>796.00</b>	<b>728.00</b>	<b>771.00</b>	<b>777.00</b>	<b>849.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>708.00</b>	<b>743.00</b>	<b>691.00</b>	<b>721.00</b>	<b>738.00</b>	<b>804.00</b>
Peso Agua (G)	41.00	53.00	37.00	50.00	39.00	45.00
Peso Tara (G)	76.20	79.30	64.90	67.30	88.20	85.60
Peso Muestra Seca (G)	631.80	663.70	626.10	653.70	649.80	718.40
Contenido De Humedad Promedio (%)	6.49%	7.99%	5.91%	7.65%	6.00%	6.26%
Densidad Seca (G/Cm3)	2.077	2.076	2.158	2.157	2.229	2.231

**ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN**

DIÁMETRO DEL PISTÓN:		5		cm		ÁREA DEL PISTÓN:		19.635		cm <sup>2</sup>			
PENETRACIÓN N		PRESIÓN 12 GOLPES				PRESIÓN 25 GOLPES				PRESIÓN 56 GOLPES			
(mm)	(pulg)	CARGA (kg)	ESFUERZO		CARGA A (kg)	ESFUERZO		CARGA A (kg)	ESFUERZO		CARGA A (kg)		
			(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Lb/Pulg <sup>2</sup> )		(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Lb/Pulg <sup>2</sup> )		(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Lb/Pulg <sup>2</sup> )			
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00		
0.64	0.025	81.3	4.14	59.17	113.6	5.79	82.66	144.0	7.33	104.76			
1.27	0.050	204.1	10.39	148.46	275.2	14.02	200.22	343.9	17.52	250.24			
1.91	0.075	313.8	15.98	228.27	399.2	20.33	290.46	477.2	24.30	347.16			
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>410.8</b>	<b>20.92</b>	<b>298.86</b>	<b>503.4</b>	<b>25.64</b>	<b>366.24</b>	<b>597.8</b>	<b>30.44</b>	<b>434.92</b>			
3.18	0.125	506.7	25.80	368.63	628.9	32.03	457.60	739.1	37.64	537.78			
3.81	0.150	592.6	30.18	431.15	733.3	37.35	533.54	862.8	43.94	627.73			
4.45	0.175	670.6	34.15	487.88	816.8	41.60	594.25	983.7	50.10	715.74			
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>732.6</b>	<b>37.31</b>	<b>533.02</b>	<b>890.7</b>	<b>45.36</b>	<b>648.03</b>	<b>1084.1</b>	<b>55.21</b>	<b>788.73</b>			



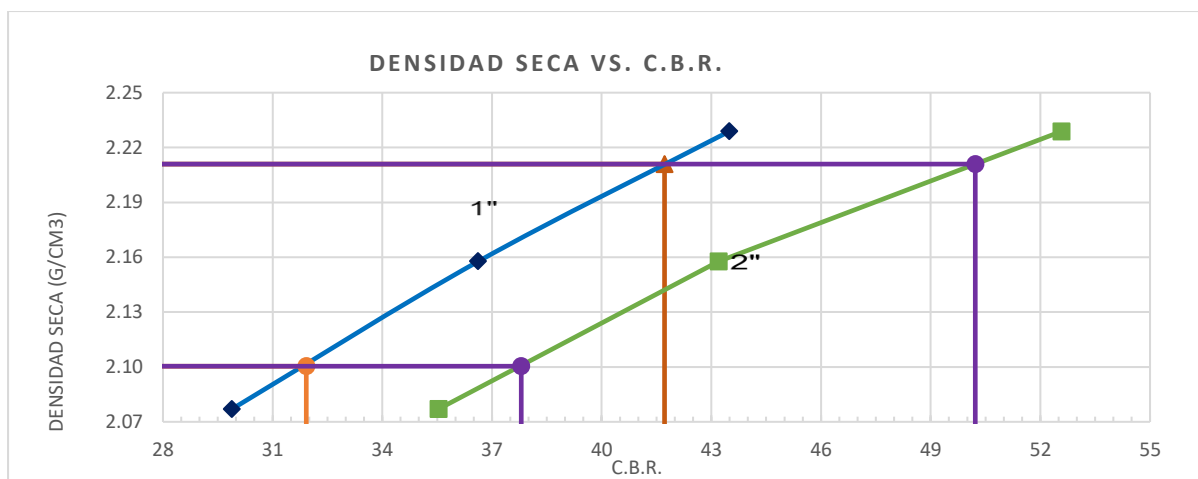
7.62	0.300	935.3	47.64	680.52	1190.5	60.63	866.16	1497.2	76.25	1089.34
10.16	0.400	1147.0	58.42	834.54	1487.3	75.75	1082.10	1876.4	95.56	1365.21
12.70	0.500	1361.4	69.33	990.49	1774.9	90.39	1291.32	2259.5	115.07	1643.90



Nº De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	298.86	20.92	1000	29.89	2.077
Presión 25 Golpes	366.24	25.64	1000	36.62	2.158
Presión 56 Golpes	434.92	30.44	1000	43.49	2.229

Nº De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	533.02	37.31	1500	35.53	2.077
Presión 25 Golpes	648.03	45.36	1500	43.20	2.158
Presión 56 Golpes	788.73	55.21	1500	52.58	2.229

Valor Relativo De Soporte C.B.R.	
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>31.84%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>41.76%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>37.80%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>50.22%</b>



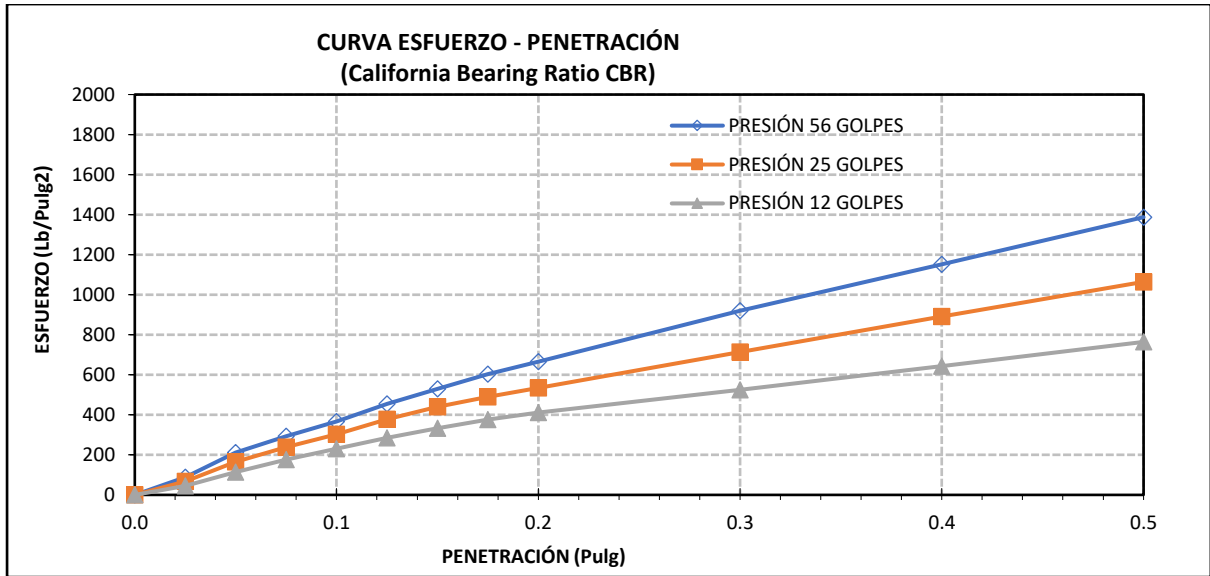
**Muestra:** C - 3

**Compactación C B R**

N° Golpes Por Capa	12	25	56
Altura Molde (Mm)	116.610	117.340	116.460
N° Capas	5	5	5
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12181.0</b>	<b>12306.0</b>	<b>12213.0</b> <b>12348.0</b>
Peso Molde (G)	<b>7545.0</b>	<b>7545.0</b>	<b>7463.0</b> <b>7463.0</b>
Peso De Muestra Húmeda (G)	4636.0	4761.0	4750.0 4885.0
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26 2112.26
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.190	2.250	2.249 2.313
Contenido De Humedad			
Tara N°	1-A	1-B	2-A 2-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>749.00</b>	<b>799.00</b>	<b>728.00</b> <b>771.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>708.00</b>	<b>749.00</b>	<b>691.00</b> <b>721.00</b>
Peso Agua (G)	41.00	50.00	37.00 50.00
Peso Tara (G)	76.20	79.30	64.90 67.30
Peso Muestra Seca (G)	631.80	669.70	626.10 653.70
Contenido De Humedad Promedio (%)	6.49%	7.47%	5.91% 7.65%
Densidad Seca (G/Cm3)	2.057	2.093	2.123 2.148

**Ensayo Carga - Penetración**

Diámetro Del Pistón:		5		Cm		Área Del Pistón:			19.635		Cm2
Penetración (Mm)	Presión 12 Golpes (Pulg)	Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes			
		Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	62.7	3.20	45.65	93.6	4.77	68.12	121.5	6.19	88.42	88.42
1.27	0.050	157.4	8.02	114.55	226.8	11.55	165.01	290.3	14.78	211.20	211.20
1.91	0.075	242.1	12.33	176.12	329.0	16.76	239.38	402.7	20.51	292.99	292.99
2.54	<b>0.100</b>	<b>316.9</b>	<b>16.14</b>	<b>230.59</b>	<b>414.8</b>	<b>21.13</b>	<b>301.83</b>	<b>504.5</b>	<b>25.69</b>	<b>367.06</b>	<b>367.06</b>
3.18	0.125	390.9	19.91	284.41	518.3	26.40	377.12	623.8	31.77	453.87	453.87
3.81	0.150	457.2	23.29	332.65	604.4	30.78	439.71	728.2	37.08	529.78	529.78
4.45	0.175	517.4	26.35	376.42	673.1	34.28	489.74	830.3	42.28	604.06	604.06
5.08	<b>0.200</b>	<b>565.2</b>	<b>28.79</b>	<b>411.25</b>	<b>734.0</b>	<b>37.38</b>	<b>534.07</b>	<b>914.9</b>	<b>46.60</b>	<b>665.66</b>	<b>665.66</b>
7.62	0.300	721.7	36.75	525.06	981.1	49.97	713.83	1263.6	64.36	919.37	919.37
10.16	0.400	885.0	45.07	643.89	1225.7	62.43	891.80	1583.6	80.65	1152.19	1152.19
12.70	0.500	1050.4	53.49	764.21	1462.7	74.50	1064.22	1906.9	97.12	1387.40	1387.40

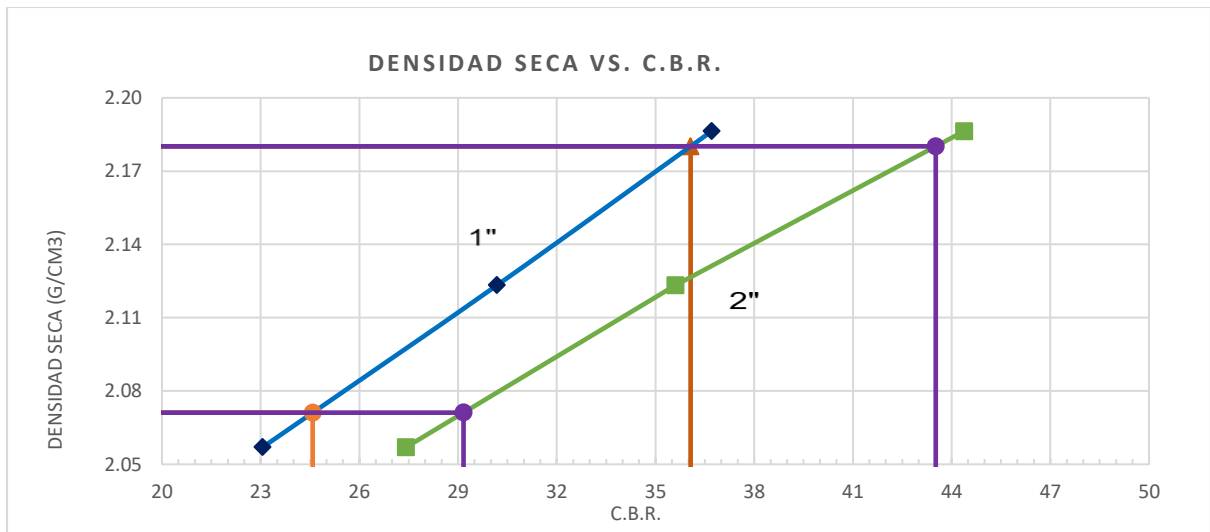


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	230.59	16.14	1000	23.06	2.057
Presión 25 Golpes	301.83	21.13	1000	30.18	2.123
Presión 56 Golpes	367.06	25.69	1000	36.71	2.186

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	411.25	28.79	1500	27.42	2.057
Presión 25 Golpes	534.07	37.38	1500	35.60	2.123
Presión 56 Golpes	665.66	46.60	1500	44.38	2.186

**Valor Relativo De Soporte C.B.R.**

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>24.58%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>36.07%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>29.17%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>43.52%</b>

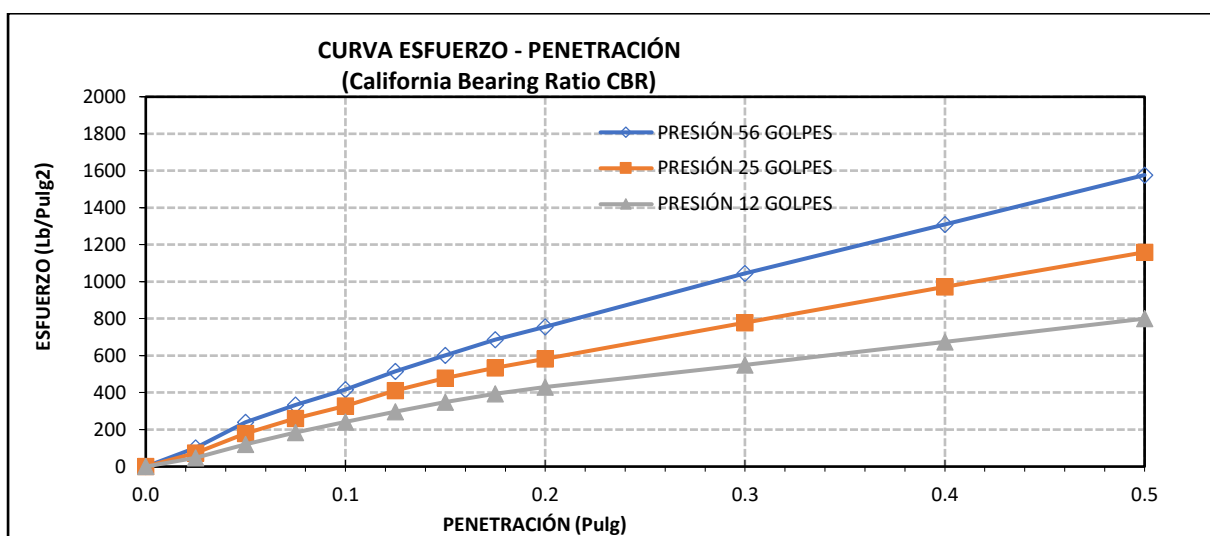


Muestra:

C - 4

Compactación C B R							
N° Golpes Por Capa	12	25	56				
Altura Molde (Mm)	116.610	117.340	116.460				
N° Capas	5	5	5				
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12244.0</b>	<b>12306.0</b>	<b>12255.0</b>	<b>12348.0</b>	<b>12904.0</b>	<b>12996.0</b>	
Peso Molde (G)	<b>7545.0</b>	<b>7545.0</b>	<b>7463.0</b>	<b>7463.0</b>	<b>7961.0</b>	<b>7961.0</b>	
Peso De Muestra Húmeda (G)	4699.0	4761.0	4792.0	4885.0	4943.0	5035.0	
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82	
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.220	2.250	2.269	2.313	2.345	2.389	
Contenido De Humedad							
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B	
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>745.00</b>	<b>797.00</b>	<b>726.00</b>	<b>768.00</b>	<b>774.00</b>	<b>841.00</b>	
Peso Seco + Tara (G)	<b>703.00</b>	<b>743.00</b>	<b>688.00</b>	<b>715.00</b>	<b>734.00</b>	<b>784.00</b>	
Peso Agua (G)	42.00	54.00	38.00	53.00	40.00	57.00	
Peso Tara (G)	76.20	79.30	64.90	67.30	88.20	85.60	
Peso Muestra Seca (G)	626.80	663.70	623.10	647.70	645.80	698.40	
Contenido De Humedad Promedio (%)	6.70%	8.14%	6.10%	8.18%	6.19%	8.16%	
Densidad Seca (G/Cm3)	2.081	2.080	2.138	2.138	2.208	2.208	

Ensayo Carga - Penetración										
Diámetro Del Pistón:		5 Cm			Área Del Pistón:			19.635 Cm2		
Penetración		Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes		
(Mm)	(Pulg)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	65.7	3.35	47.79	102.0	5.19	74.21	138.1	7.03	100.49
1.27	0.050	164.8	8.39	119.92	247.1	12.58	179.75	329.9	16.80	240.04
1.91	0.075	253.4	12.91	184.38	358.4	18.25	260.75	457.7	23.31	333.01
2.54	<b>0.100</b>	<b>331.8</b>	<b>16.90</b>	<b>241.39</b>	<b>451.9</b>	<b>23.01</b>	<b>328.78</b>	<b>573.4</b>	<b>29.20</b>	<b>417.20</b>
3.18	0.125	409.2	20.84	297.75	564.6	28.76	410.80	709.0	36.11	515.86
3.81	0.150	478.6	24.38	348.25	658.3	33.53	478.97	827.6	42.15	602.14
4.45	0.175	541.6	27.58	394.07	733.2	37.34	533.47	943.7	48.06	686.57
5.08	<b>0.200</b>	<b>591.7</b>	<b>30.14</b>	<b>430.53</b>	<b>799.6</b>	<b>40.72</b>	<b>581.75</b>	<b>1039.9</b>	<b>52.96</b>	<b>756.58</b>
7.62	0.300	755.5	38.48	549.67	1068.7	54.43	777.56	1436.2	73.15	1044.94
10.16	0.400	926.5	47.19	674.07	1335.2	68.00	971.42	1799.9	91.67	1309.56
12.70	0.500	1099.6	56.00	800.03	1593.3	81.15	1159.24	2167.4	110.38	1576.90

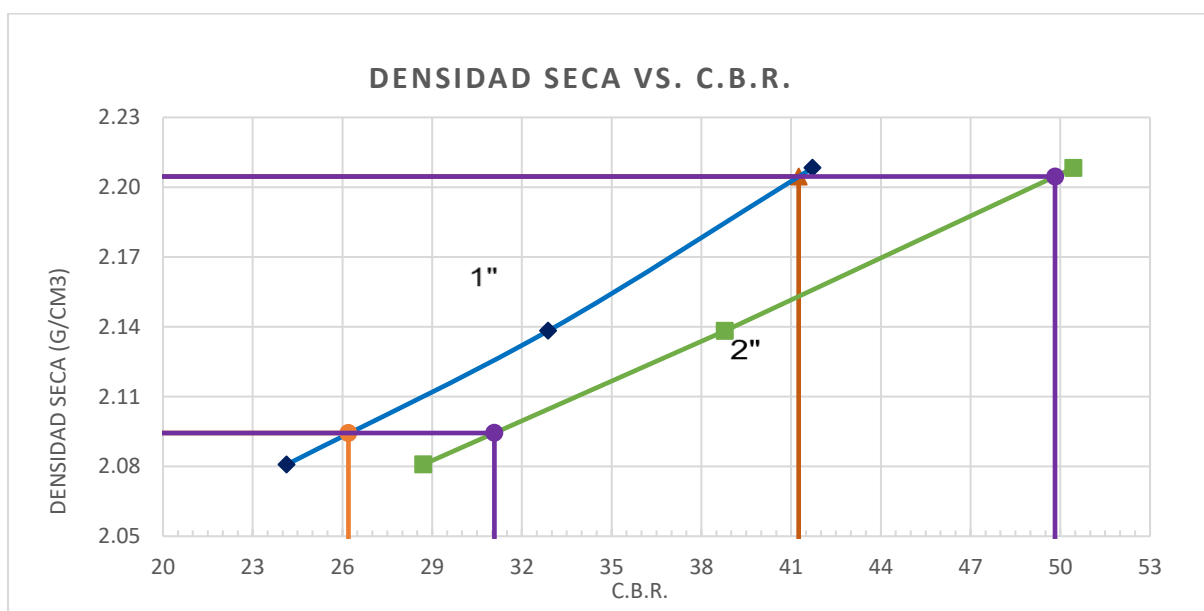


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	241.39	16.90	1000	24.14	2.081
Presión 25 Golpes	328.78	23.01	1000	32.88	2.138
Presión 56 Golpes	417.20	29.20	1000	41.72	2.208

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	430.53	30.14	1500	28.70	2.081
Presión 25 Golpes	581.75	40.72	1500	38.78	2.138
Presión 56 Golpes	756.58	52.96	1500	50.44	2.208

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>26.2%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>41.25%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>31.08%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>49.82%</b>



**Límites De Atterberg ASTM D4318 AASHTOT 89 material+1 bolsas/m3 (cemento)+0.25 lt/m3 aceite sulfonado (proes)**

Muestra: C - 1

Límite Líquido				Límite Plástico		
Tara N°	1	2	3	Tara N°	4	5
M Tara (G)	13.17	13.29	13.15	M Tara (G)	10.91	12.95
Mt+ M. Húmeda (G)	33.51	35.75	34.49	Mt+ M. Húmeda (G)	18.77	20.54
Mt+ M. Seca (G)	29.25	31.19	30.32	Mt+ M. Seca (G)	17.56	19.36
M Agua (G)	4.26	4.56	4.17	M Agua (G)	1.21	1.18
M M. Seca (G)	16.08	17.90	17.17	M. Muestra Seca (G)	6.65	6.41
W(%)	26.49%	25.47%	24.29%	W(%)	18.20%	18.41%
N. Golpes	17	23	35	<b>Contenido De Humedad Promedio: 18.00%</b>		

Límite Líquido

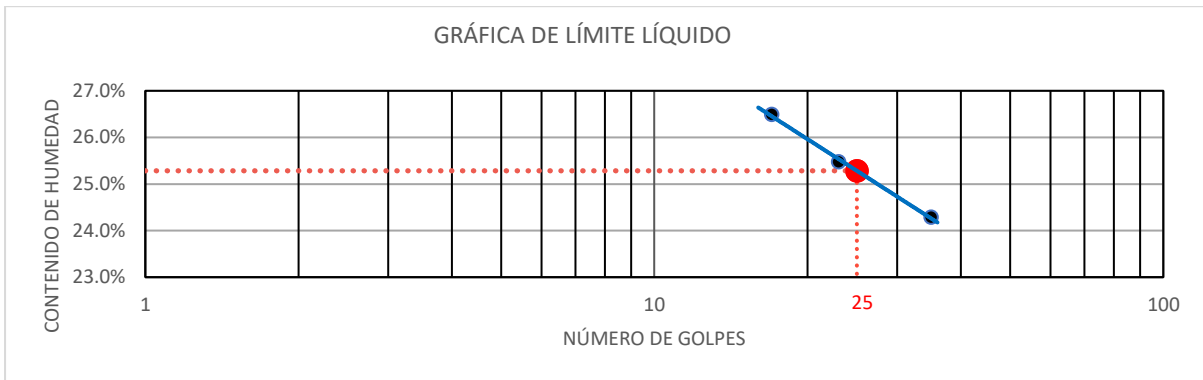
Límite Plástico

Índice De Plasticidad

25.00%

18.00%

7.00%



Muestra: C - 2

Límite Líquido			Límite Plástico			
Tara Nº	1	2	3	Tara Nº	4	5
M Tara (G)	13.17	13.29	13.15	M Tara (G)	10.91	12.95
Mt+ M. Húmeda (G)	33.51	35.75	34.49	Mt+ M. Húmeda (G)	18.77	20.54
Mt+ M. Seca (G)	29.25	31.19	30.32	Mt+ M. Seca (G)	17.56	19.36
M Agua (G)	4.26	4.56	4.17	M Agua (G)	1.21	1.18
M M. Seca (G)	16.08	17.90	17.17	M. Muestra Seca (G)	6.65	6.41
W(%)	26.49%	25.47%	24.29%	W(%)	18.20%	18.41%
N. Golpes	17	23	35	<b>Contenido De Humedad Promedio: 18.00%</b>		

Límite Líquido

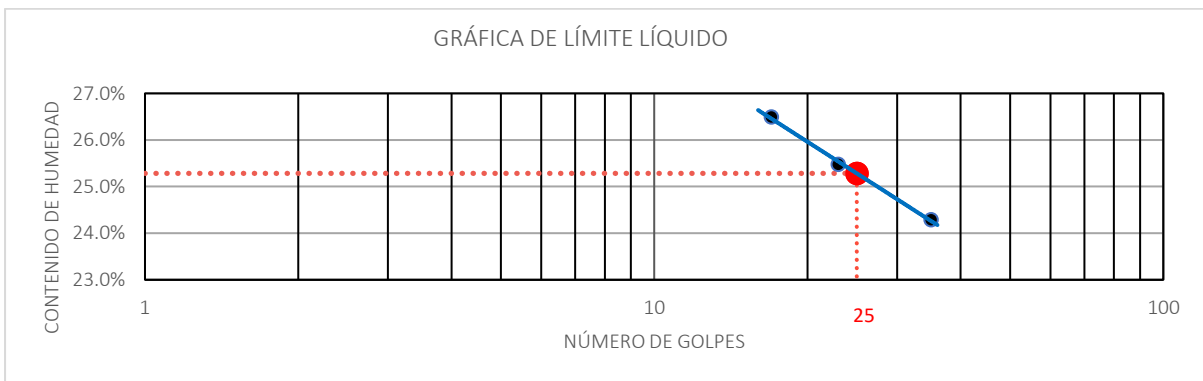
Límite Plástico

Índice De Plasticidad

25.00%

18.00%

7.00%

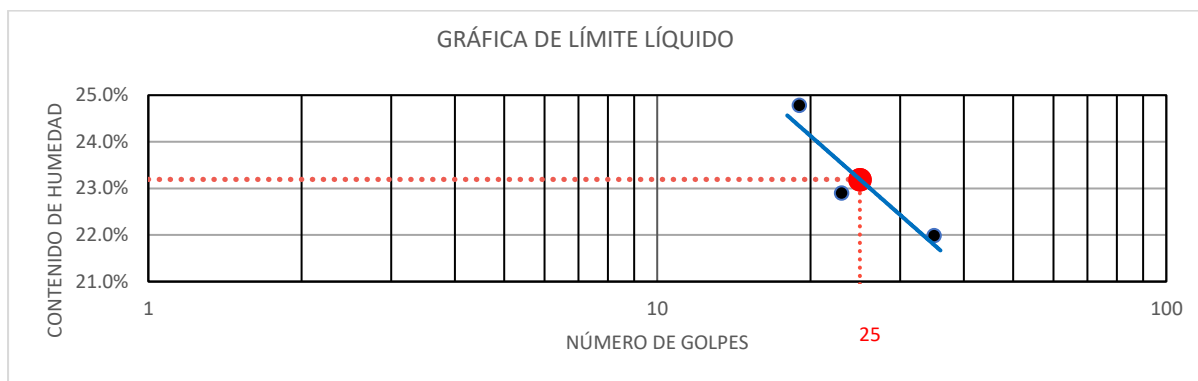


Muestra: C - 3

Límite Líquido			Límite Plástico			
Tara Nº	1	2	3	Tara Nº	4	5
M Tara (G)	13.17	13.29	13.15	M Tara (G)	10.91	12.95
Mt+ M. Húmeda (G)	31.65	30.84	29.85	Mt+ M. Húmeda (G)	18.26	20.24
Mt+ M. Seca (G)	27.98	27.57	26.84	Mt+ M. Seca (G)	17.18	19.24
M Agua (G)	3.67	3.27	3.01	M Agua (G)	1.08	1.00
M M. Seca (G)	14.81	14.28	13.69	M. Muestra Seca (G)	6.27	6.29

W(%)	24.78%	22.90%	21.99%	W(%)	17.22%	15.90%
N. Golpes	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>35</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 17.00%</b>		

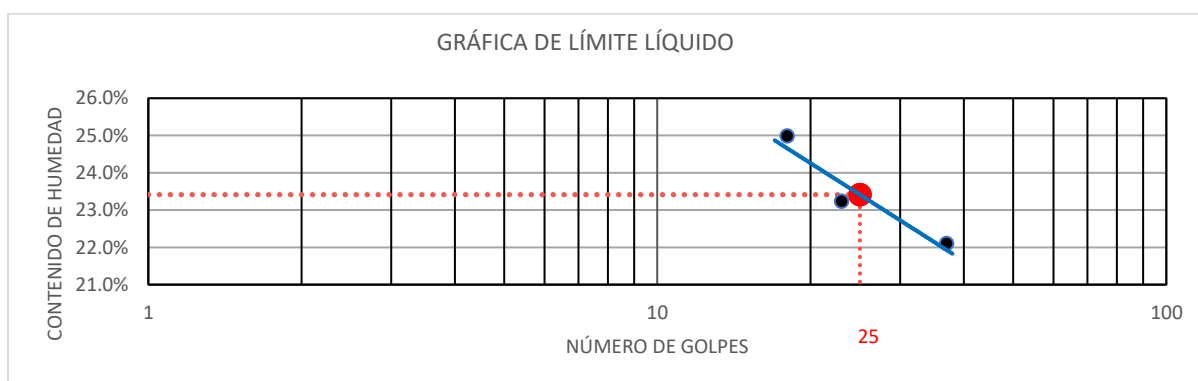
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad
23.00%	17.00%	6.00%



**Muestra:** C - 4

Límite Líquido				Límite Plástico		
Tara Nº	1	2	3	Tara Nº	4	5
M Tara (G)	13.17	13.29	13.15	M Tara (G)	10.91	12.95
Mt+ M. Húmeda (G)	<b>31.88</b>	<b>30.90</b>	<b>29.89</b>	Mt+ M. Húmeda (G)	<b>18.24</b>	<b>21.22</b>
Mt+ M. Seca (G)	<b>28.14</b>	<b>27.58</b>	<b>26.86</b>	Mt+ M. Seca (G)	<b>17.15</b>	<b>20.10</b>
M Agua (G)	3.74	3.32	3.03	M Agua (G)	1.09	1.12
M M. Seca (G)	14.97	14.29	13.71	M. Muestra Seca (G)	6.24	7.15
W(%)	24.98%	23.23%	22.10%	W(%)	17.47%	15.66%
N. Golpes	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>37</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 17.00%</b>		

Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad
23.00%	17.00%	6.00%

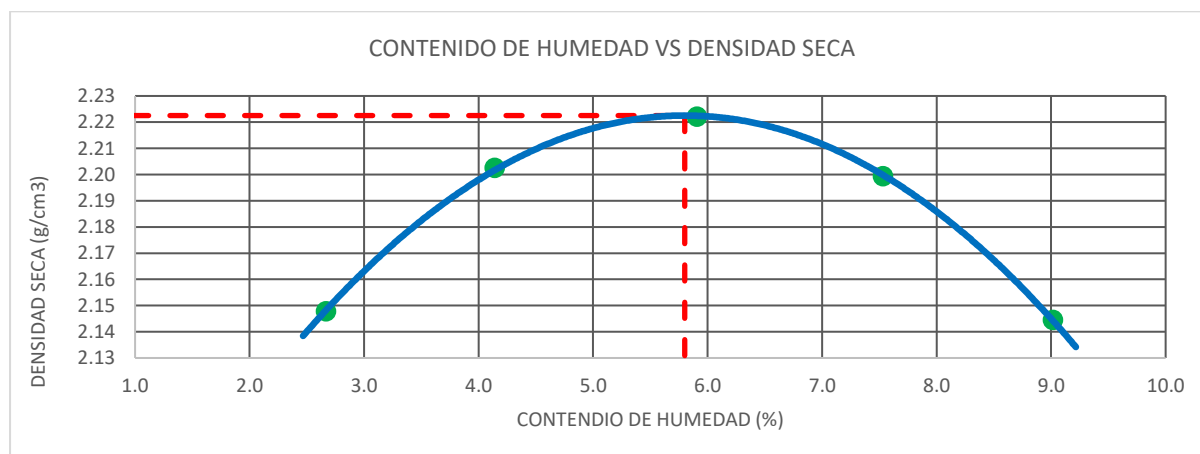


**Proctor Modificado ASTM D1557 AASHTOT 180 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.25**

**aceite sulfonado lt/m3(proes)**

**Muestra:** C - 1

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
<b>Densidad Húmeda</b>					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	7935.00	8124.00	8251.00	8276.00	8218.00
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4699.00	4888.00	5015.00	5040.00	4982.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.205</b>	<b>2.294</b>	<b>2.353</b>	<b>2.365</b>	<b>2.338</b>
<b>Contenido De Humedad</b>					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>615.00</b>	<b>659.00</b>	<b>630.00</b>	<b>608.00</b>	<b>625.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>601.00</b>	<b>636.00</b>	<b>599.00</b>	<b>571.00</b>	<b>580.00</b>
Peso Agua (G)	14.00	23.00	31.00	37.00	45.00
Peso Tara (G)	<b>76.10</b>	<b>80.50</b>	<b>74.30</b>	<b>79.70</b>	<b>80.90</b>
Peso Muestra Seca (G)	524.90	555.50	524.70	491.30	499.10
Contenido De Humedad (%)	<b>2.67</b>	<b>4.14</b>	<b>5.91</b>	<b>7.53</b>	<b>9.02</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.148</b>	<b>2.203</b>	<b>2.222</b>	<b>2.199</b>	<b>2.145</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) : Cont. De Humedad Óptimo (%) :

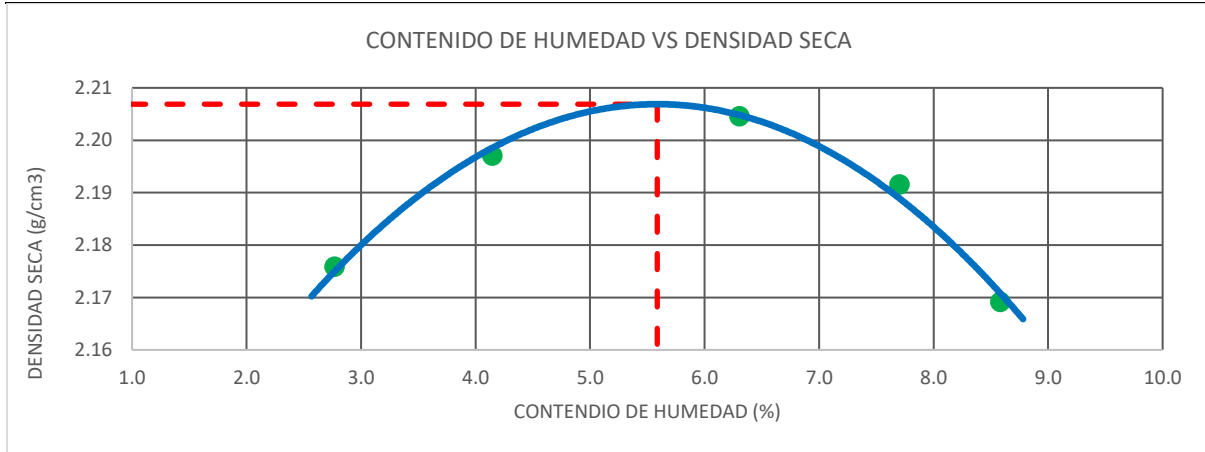
2.223 5.80

**Muestra:** C - 2

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
<b>Densidad Húmeda</b>					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>8001.00</b>	<b>8112.00</b>	<b>8230.00</b>	<b>8266.00</b>	<b>8255.00</b>
Peso Molde (G)	<b>3236.00</b>	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4765.00	4876.00	4994.00	5030.00	5019.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	2.236	2.288	2.344	2.360	2.355



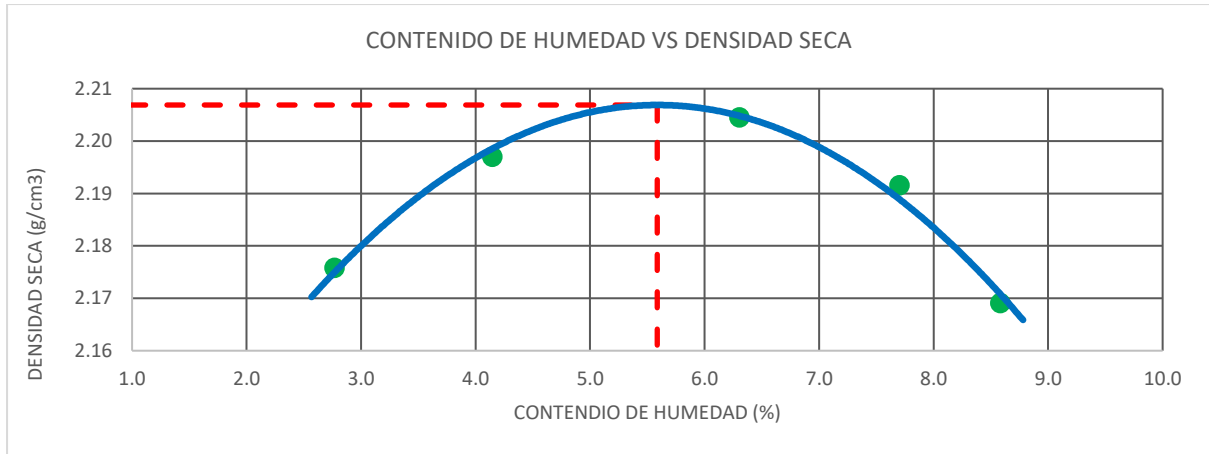
Contenido De Humedad					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (G)	596.00	633.00	614.00	611.00	625.00
Peso Seco + Tara (G)	582.00	611.00	582.00	573.00	582.00
Peso Agua (G)	14.00	22.00	32.00	38.00	43.00
Peso Tara (G)	76.10	80.50	74.30	79.70	80.90
Peso Muestra Seca (G)	505.90	530.50	507.70	493.30	501.10
Contenido De Humedad (%)	2.77	4.15	6.30	7.70	8.58
Densidad Seca (G/Cm <sup>3</sup> )	2.176	2.197	2.205	2.192	2.169



Densidad Seca Máxima (G/Cm<sup>3</sup>) : 2.207  
 Cont. De Humedad Óptimo (%) : 5.59

**Muestra:** C - 3

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
<b>Densidad Húmeda</b>					
Ensayo	1	2	3	4	5
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	8001.00	8112.00	8230.00	8266.00	8255.00
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4765.00	4876.00	4994.00	5030.00	5019.00
Volumen Del Molde (Cm <sup>3</sup> )	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm <sup>3</sup> )	2.236	2.288	2.344	2.360	2.355
<b>Contenido De Humedad</b>					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (G)	596.00	633.00	614.00	611.00	625.00
Peso Seco + Tara (G)	582.00	611.00	582.00	573.00	582.00
Peso Agua (G)	14.00	22.00	32.00	38.00	43.00
Peso Tara (G)	76.10	80.50	74.30	79.70	80.90
Peso Muestra Seca (G)	505.90	530.50	507.70	493.30	501.10
Contenido De Humedad (%)	2.77	4.15	6.30	7.70	8.58
Densidad Seca (G/Cm <sup>3</sup> )	2.176	2.197	2.205	2.192	2.169



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

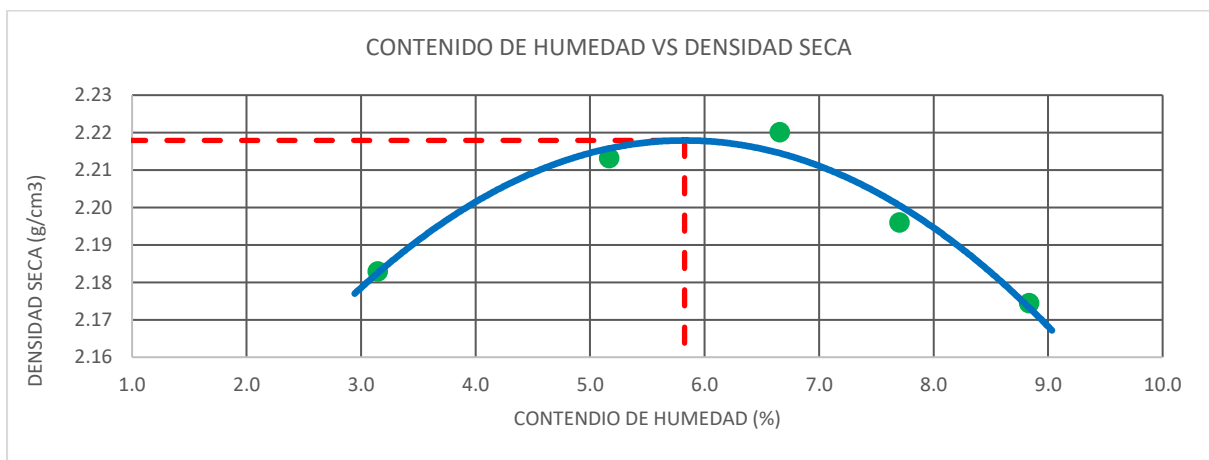
Cont. De Humedad Óptimo (%) :

2.207

5.59

Muestra: C - 4

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	1	2	3	4	5
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>8034.00</b>	<b>8196.00</b>	<b>8282.00</b>	<b>8276.00</b>	<b>8279.00</b>
Peso Molde (G)	<b>3236.00</b>	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4798.00	4960.00	5046.00	5040.00	5043.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	2.252	2.328	2.368	2.365	2.366
Contenido De Humedad					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>601.00</b>	<b>630.00</b>	<b>619.00</b>	<b>611.00</b>	<b>623.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>585.00</b>	<b>603.00</b>	<b>585.00</b>	<b>573.00</b>	<b>579.00</b>
Peso Agua (G)	16.00	27.00	34.00	38.00	44.00
Peso Tara (G)	<b>76.10</b>	<b>80.50</b>	<b>74.30</b>	<b>79.70</b>	<b>80.90</b>
Peso Muestra Seca (G)	508.90	522.50	510.70	493.30	498.10
Contenido De Humedad (%)	<b>3.14</b>	<b>5.17</b>	<b>6.66</b>	<b>7.70</b>	<b>8.83</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.183</b>	<b>2.213</b>	<b>2.220</b>	<b>2.196</b>	<b>2.174</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

Cont. De Humedad Óptimo (%) :

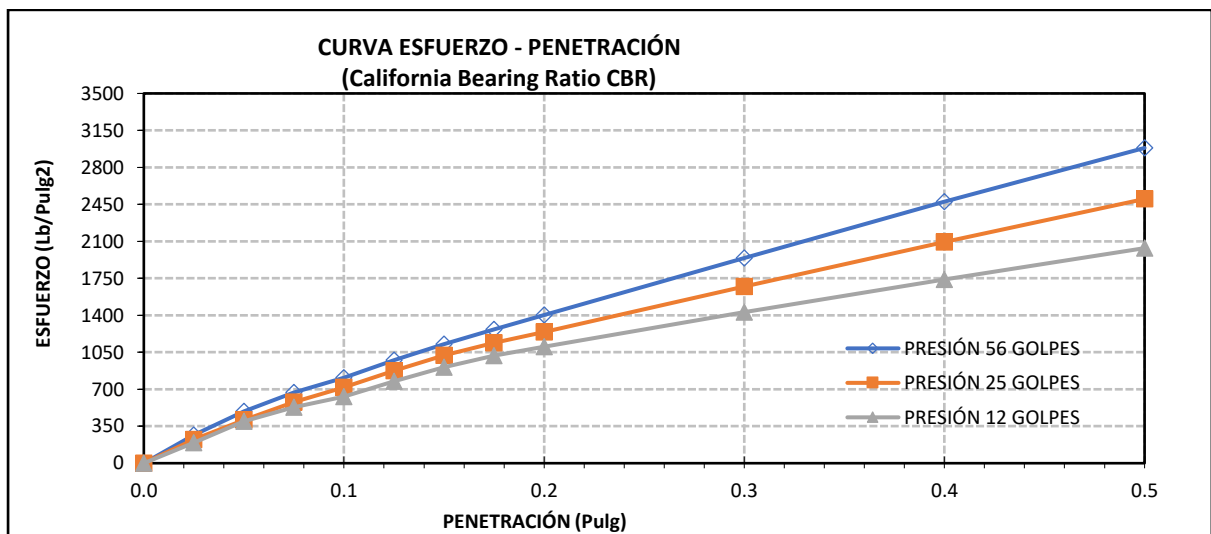
2.218

5.83

**Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 AASHTOT 193 material +1 bolsas/m3  
(cemento)+0.25 aceite sulfonado lt/m3(proes)**

<b>Muestra:</b>	C - 1						
<b>Compactación C B R</b>							
N° Golpes Por Capa	12	25	56				
Altura Molde (Mm)	116.590	117.420	117.600				
N° Capas	5	5	5				
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12869.0</b>	<b>12921.0</b>	<b>13044.0</b>	<b>13096.0</b>	<b>13239.0</b>	<b>13291.0</b>	
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0	
Peso De Muestra Húmeda (G)	4681.0	4733.0	4849.0	4901.0	5004.0	5056.0	
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82	
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.212	2.236	2.296	2.320	2.374	2.399	
Contenido De Humedad Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B	
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	804.00	861.00	735.00	792.00	766.00	834.00	
Peso Seco + Tara (G)	765.00	811.00	698.00	745.00	728.00	785.00	
Peso Agua (G)	39.00	50.00	37.00	47.00	38.00	49.00	
Peso Tara (G)	82.90	85.10	69.50	70.30	76.80	77.40	
Peso Muestra Seca (G)	682.10	725.90	628.50	674.70	651.20	707.60	
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>5.72%</b>	<b>6.89%</b>	<b>5.89%</b>	<b>6.97%</b>	<b>5.84%</b>	<b>6.92%</b>	
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.092</b>	<b>2.092</b>	<b>2.168</b>	<b>2.169</b>	<b>2.243</b>	<b>2.243</b>	

<b>Ensayo Carga - Penetración</b>										
Diámetro Del Pistón:		5 Cm			Área Del Pistón:			19.635 Cm2		
Penetración		Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes		
(Mm)	(Pulg)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	264.3	13.46	192.29	308.9	15.73	224.73	365.1	18.59	265.61
1.27	0.050	545.2	27.77	396.68	563.6	28.71	410.09	674.1	34.33	490.44
1.91	0.075	728.1	37.08	529.72	795.7	40.52	578.90	920.7	46.89	669.84
2.54	<b>0.100</b>	<b>865.4</b>	<b>44.07</b>	<b>629.61</b>	<b>987.1</b>	<b>50.27</b>	<b>718.19</b>	<b>1112.6</b>	<b>56.67</b>	<b>809.50</b>
3.18	0.125	1067.4	54.36	776.58	1205.1	61.38	876.80	1339.6	68.22	974.63
3.81	0.150	1248.4	63.58	908.30	1403.9	71.50	1021.45	1550.3	78.95	1127.91
4.45	0.175	1398.7	71.24	1017.65	1564.4	79.67	1138.17	1738.8	88.56	1265.07
5.08	<b>0.200</b>	<b>1514.0</b>	<b>77.11</b>	<b>1101.56</b>	<b>1706.7</b>	<b>86.92</b>	<b>1241.71</b>	<b>1928.2</b>	<b>98.20</b>	<b>1402.90</b>
7.62	0.300	1963.5	100.00	1428.57	2297.2	117.00	1671.39	2669.2	135.94	1942.02
10.16	0.400	2388.5	121.64	1737.78	2879.3	146.64	2094.85	3402.1	173.27	2475.22
12.70	0.500	2798.1	142.51	2035.80	3437.9	175.09	2501.26	4101.5	208.89	2984.07



N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	629.61	44.07	1000	62.96	2.092
Presión 25 Golpes	718.19	50.27	1000	71.82	2.168
Presión 56 Golpes	809.50	56.67	1000	80.95	2.243

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1101.56	77.11	1500	73.44	2.092
Presión 25 Golpes	1241.71	86.92	1500	82.78	2.168
Presión 56 Golpes	1402.90	98.20	1500	93.53	2.243

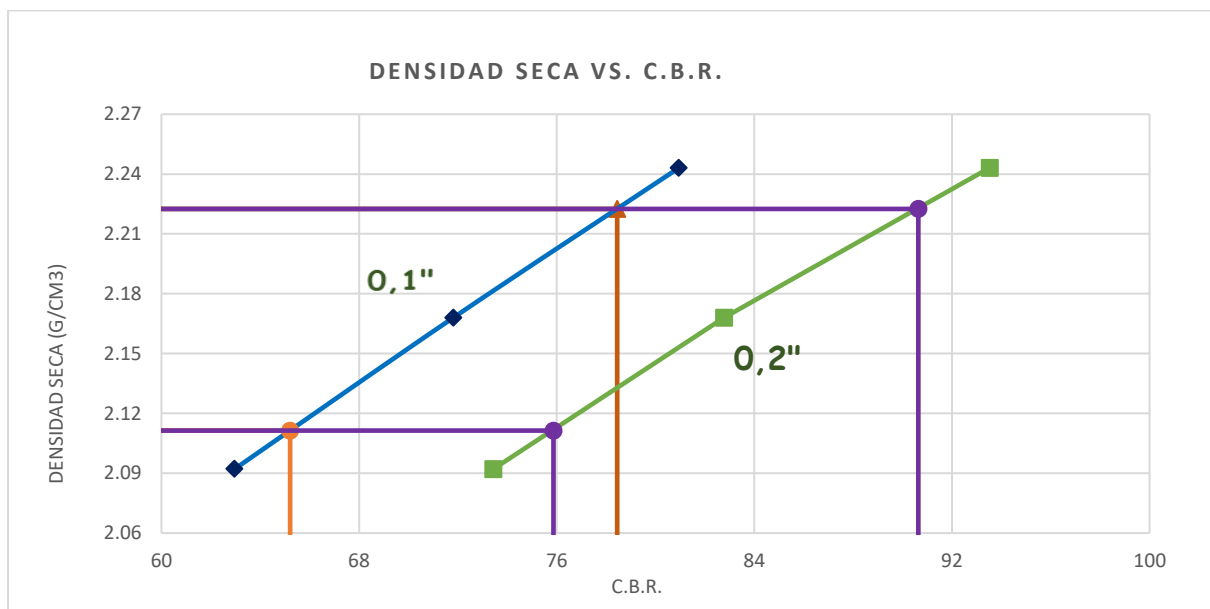
Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")= **65.21%**

C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")= **78.45%**

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")= **75.87%**

C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")= **90.64%**



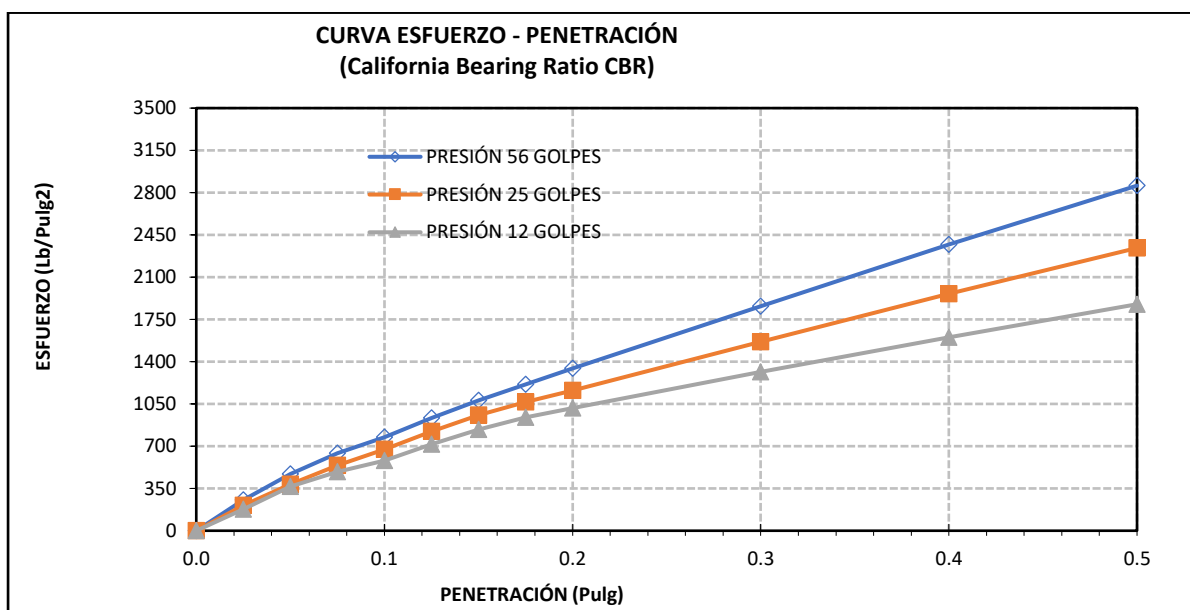
**Muestra:** C-2

Compactación C B R							
N° Golpes Por Capa	12	25	56				
Altura Molde (Mm)	116.590	117.420	117.600				
N° Capas	5	5	5				
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12838.0</b>	<b>12955.0</b>	<b>13014.0</b>	<b>13102.0</b>	<b>13207.0</b>	<b>13281.0</b>	
Peso Molde (G)	<b>8189.0</b>	<b>8189.0</b>	<b>8195.0</b>	<b>8195.0</b>	<b>8235.0</b>	<b>8235.0</b>	
Peso De Muestra Húmeda (G)	4649.0	4766.0	4819.0	4907.0	4972.0	5046.0	
Volumen Del Molde (Cm3)	<b>2116.44</b>	<b>2116.44</b>	<b>2112.26</b>	<b>2112.26</b>	<b>2107.82</b>	<b>2107.82</b>	
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.197	2.252	2.281	2.323	2.359	2.394	
Contenido De Humedad							
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B	
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>810.00</b>	<b>845.00</b>	<b>732.00</b>	<b>797.00</b>	<b>732.00</b>	<b>834.00</b>	
Peso Seco + Tara (G)	<b>776.00</b>	<b>792.00</b>	<b>696.00</b>	<b>745.00</b>	<b>704.00</b>	<b>791.00</b>	
Peso Agua (G)	34.00	53.00	36.00	52.00	28.00	43.00	
Peso Tara (G)	<b>83.10</b>	<b>85.40</b>	<b>70.60</b>	<b>71.50</b>	<b>72.30</b>	<b>74.50</b>	
Peso Muestra Seca (G)	692.90	706.60	625.40	673.50	631.70	716.50	

Contenido De Humedad Promedio (%)	4.91%	7.50%	5.76%	7.72%	4.43%	6.00%
Densidad Seca (G/Cm3)	2.094	2.095	2.157	2.157	2.259	2.258

Ensayo Carga - Penetración

Diámetro Del Pistón:		5 Cm			Área Del Pistón:		19.635 Cm2			
Penetración (Mm)	Presión 12 Golpes (Pulg)	Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes		
		Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	243.5	12.40	177.16	289.2	14.73	210.39	349.6	17.81	254.39
1.27	0.050	502.3	25.58	365.47	527.7	26.88	383.93	645.6	32.88	469.72
1.91	0.075	670.8	34.16	488.04	744.9	37.94	541.97	881.8	44.91	641.54
2.54	<b>0.100</b>	<b>797.3</b>	<b>40.60</b>	<b>580.07</b>	<b>924.1</b>	<b>47.07</b>	<b>672.38</b>	<b>1065.6</b>	<b>54.27</b>	<b>775.30</b>
3.18	0.125	983.4	50.08	715.48	1128.2	57.46	820.87	1283.0	65.34	933.45
3.81	0.150	1150.2	58.58	836.83	1314.4	66.94	956.29	1484.8	75.62	1080.26
4.45	0.175	1288.6	65.63	937.57	1464.6	74.59	1065.57	1665.3	84.81	1211.63
5.08	<b>0.200</b>	<b>1394.9</b>	<b>71.04</b>	<b>1014.88</b>	<b>1597.8</b>	<b>81.38</b>	<b>1162.50</b>	<b>1846.7</b>	<b>94.05</b>	<b>1343.63</b>
7.62	0.300	1809.0	92.13	1316.16	2150.7	109.53	1564.77	2556.4	130.20	1859.97
10.16	0.400	2200.5	112.07	1601.04	2695.6	137.29	1961.22	3258.3	165.95	2370.64
12.70	0.500	2577.9	131.29	1875.61	3218.6	163.92	2341.71	3928.2	200.06	2858.01

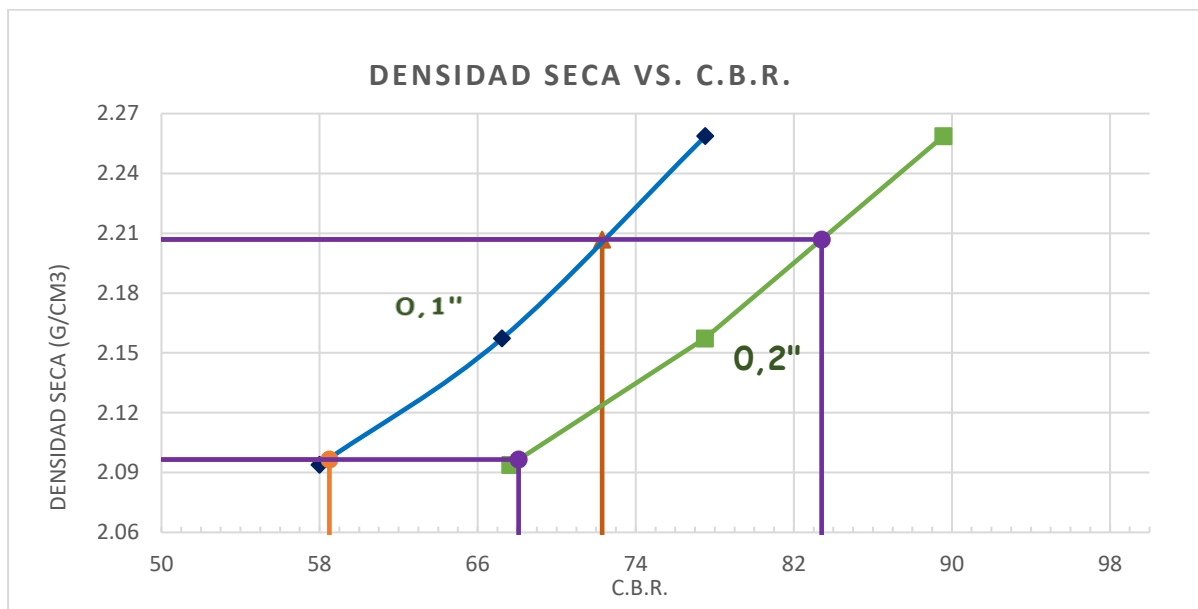


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	580.07	40.60	1000	58.01	2.094
Presión 25 Golpes	672.38	47.07	1000	67.24	2.157
Presión 56 Golpes	775.30	54.27	1000	77.53	2.259

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1014.88	71.04	1500	67.66	2.094
Presión 25 Golpes	1162.50	81.38	1500	77.50	2.157
Presión 56 Golpes	1343.63	94.05	1500	89.58	2.259

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>58.4%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>72.27%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>68.07%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>83.41%</b>



**Muestra:** C -3

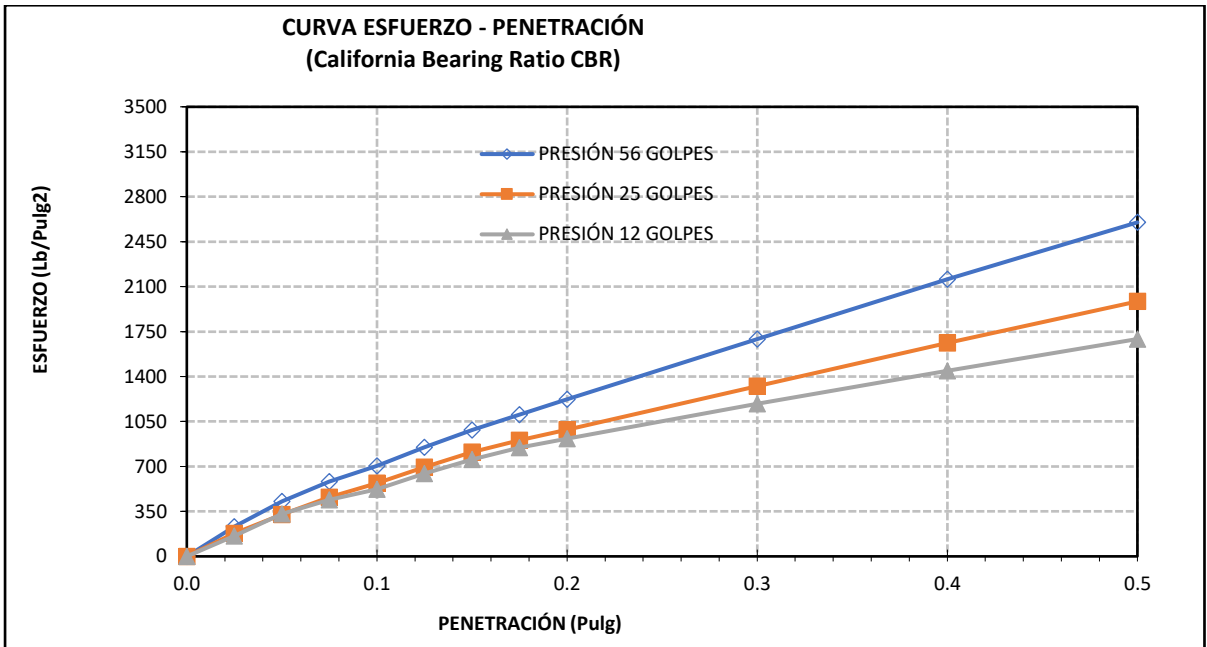
**Compactación C B R**

	12 Golpes		25 Golpes		56 Golpes	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
N° Golpes Por Capa	12	25	25	56	56	56
Altura Molde (Mm)	116.590	117.420	117.420	117.600	117.600	117.600
N° Capas	5	5	5	5	5	5
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12825.0</b>	<b>12955.0</b>	<b>12946.0</b>	<b>13102.0</b>	<b>13106.0</b>	<b>13281.0</b>
Peso Molde (G)	<b>8189.0</b>	<b>8189.0</b>	<b>8195.0</b>	<b>8195.0</b>	<b>8235.0</b>	<b>8235.0</b>
Peso De Muestra Húmeda (G)	4636.0	4766.0	4751.0	4907.0	4871.0	5046.0
Volumen Del Molde (Cm3)	<b>2116.44</b>	<b>2116.44</b>	<b>2112.26</b>	<b>2112.26</b>	<b>2107.82</b>	<b>2107.82</b>
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.190	2.252	2.249	2.323	2.311	2.394
Contenido De Humedad						
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>810.00</b>	<b>845.00</b>	<b>732.00</b>	<b>797.00</b>	<b>732.00</b>	<b>834.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>776.00</b>	<b>792.00</b>	<b>696.00</b>	<b>745.00</b>	<b>704.00</b>	<b>791.00</b>
Peso Agua (G)	34.00	53.00	36.00	52.00	28.00	43.00
Peso Tara (G)	<b>83.10</b>	<b>85.40</b>	<b>70.60</b>	<b>71.50</b>	<b>72.30</b>	<b>74.50</b>
Peso Muestra Seca (G)	692.90	706.60	625.40	673.50	631.70	716.50
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>4.91%</b>	<b>7.50%</b>	<b>5.76%</b>	<b>7.72%</b>	<b>4.43%</b>	<b>6.00%</b>
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.088</b>	<b>2.095</b>	<b>2.127</b>	<b>2.157</b>	<b>2.213</b>	<b>2.258</b>

**Ensayo Carga - Penetración**

Diámetro Del Pistón:		5		Cm		Área Del Pistón:		19.635		Cm2	
Penetración	(Mm)	Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes			
		Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	115.6	5.89	84.12	129.0	6.57	93.87	167.5	8.53	121.83	121.83
1.27	0.050	302.1	15.39	219.81	298.2	15.19	216.97	391.6	19.95	284.94	284.94
1.91	0.075	504.3	25.68	366.92	526.2	26.80	382.85	668.6	34.05	486.46	486.46
2.54	<b>0.100</b>	<b>719.3</b>	<b>36.63</b>	<b>523.32</b>	<b>783.4</b>	<b>39.90</b>	<b>569.97</b>	<b>969.6</b>	<b>49.38</b>	<b>705.47</b>	<b>705.47</b>

3.18	0.125	887.2	45.18	645.49	956.4	48.71	695.85	1167.4	59.46	849.38
3.81	0.150	1037.7	52.85	754.97	1114.2	56.74	810.64	1351.0	68.81	982.96
4.45	0.175	1162.6	59.21	845.85	1241.5	63.23	903.28	1515.3	77.17	1102.50
5.08	<b>0.200</b>	<b>1258.4</b>	<b>64.09</b>	<b>915.60</b>	<b>1354.4</b>	<b>68.98</b>	<b>985.45</b>	<b>1680.4</b>	<b>85.58</b>	<b>1222.61</b>
7.62	0.300	1632.0	83.12	1187.41	1823.1	92.85	1326.45	2326.2	118.47	1692.45
10.16	0.400	1985.3	101.11	1444.42	2285.0	116.38	1662.52	2964.9	151.00	2157.12
12.70	0.500	2325.7	118.45	1692.13	2728.4	138.95	1985.05	3574.4	182.04	2600.59

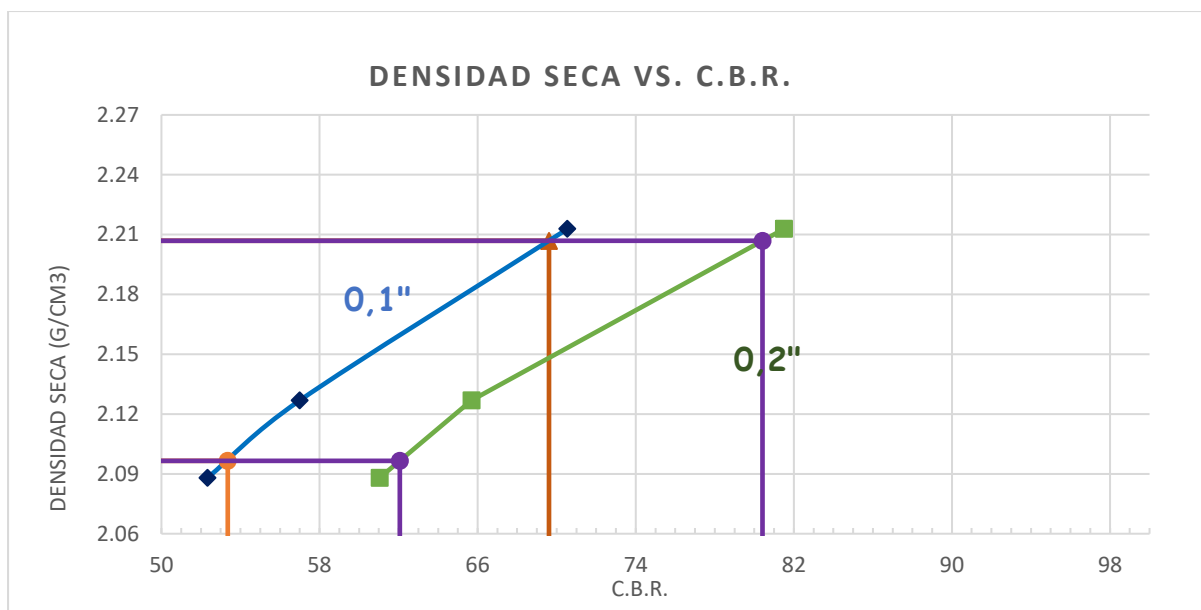


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	523.32	36.63	1000	52.33	2.088
Presión 25 Golpes	569.97	39.90	1000	57.00	2.127
Presión 56 Golpes	705.47	49.38	1000	70.55	2.213

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	915.60	64.09	1500	61.04	2.088
Presión 25 Golpes	985.45	68.98	1500	65.70	2.127
Presión 56 Golpes	1222.61	85.58	1500	81.51	2.213

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>53.36%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>69.61%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>62.06%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>80.41%</b>



**Muestra:**

C - 4

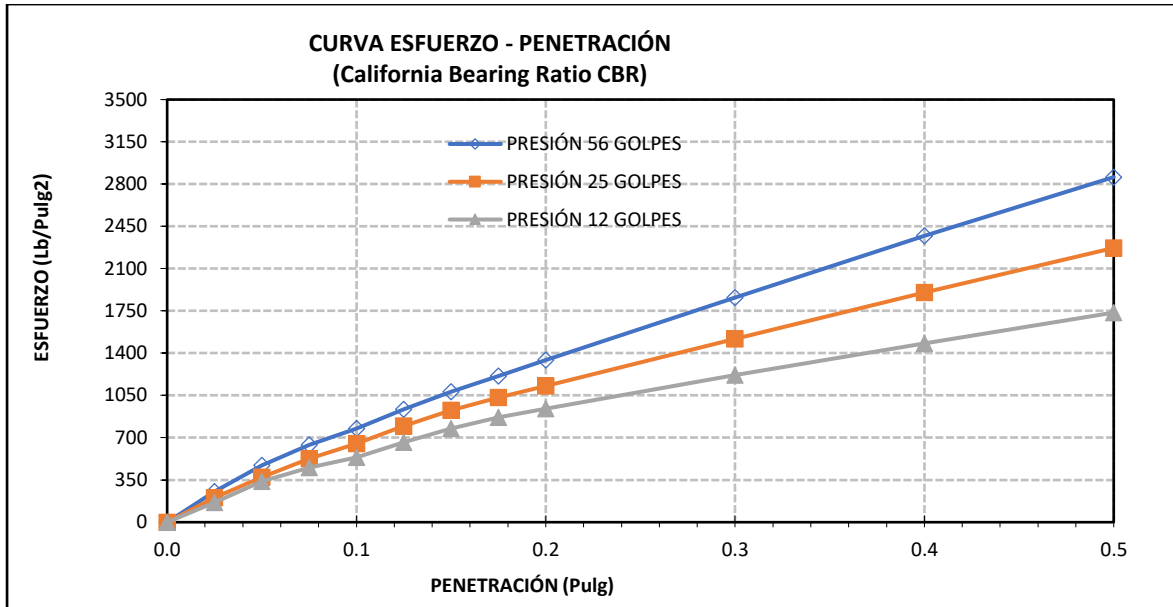
**Compactación C B R**

N° Golpes Por Capa	12	25	56			
Altura Molde (Mm)	116.590	117.420	117.600			
N° Capas	5	5	5			
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12859.0</b>	<b>12955.0</b>	<b>13009.0</b>	<b>13102.0</b>	<b>13134.0</b>	<b>13281.0</b>
Peso Molde (G)	<b>8189.0</b>	<b>8189.0</b>	<b>8195.0</b>	<b>8195.0</b>	<b>8235.0</b>	<b>8235.0</b>
Peso De Muestra Húmeda (G)	4670.0	4766.0	4814.0	4907.0	4899.0	5046.0
Volumen Del Molde (Cm3)	<b>2116.44</b>	<b>2116.44</b>	<b>2112.26</b>	<b>2112.26</b>	<b>2107.82</b>	<b>2107.82</b>
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.207	2.252	2.279	2.323	2.324	2.394
Contenido De Humedad						
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>810.00</b>	<b>845.00</b>	<b>732.00</b>	<b>797.00</b>	<b>732.00</b>	<b>834.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>776.00</b>	<b>792.00</b>	<b>696.00</b>	<b>745.00</b>	<b>704.00</b>	<b>791.00</b>
Peso Agua (G)	34.00	53.00	36.00	52.00	28.00	43.00
Peso Tara (G)	<b>83.10</b>	<b>85.40</b>	<b>70.60</b>	<b>71.50</b>	<b>72.30</b>	<b>74.50</b>
Peso Muestra Seca (G)	692.90	706.60	625.40	673.50	631.70	716.50
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>4.91%</b>	<b>7.50%</b>	<b>5.76%</b>	<b>7.72%</b>	<b>4.43%</b>	<b>6.00%</b>
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.103</b>	<b>2.095</b>	<b>2.155</b>	<b>2.157</b>	<b>2.226</b>	<b>2.258</b>

**Ensayo Carga - Penetración**

Diámetro Del Pistón: 5 Cm					Área Del Pistón: 19.635 Cm2					
Penetración		Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes		
(Mm)	(Pulg)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	219.7	11.19	159.83	245.1	12.48	178.35	318.2	16.20	231.48
1.27	0.050	453.2	23.08	329.72	447.3	22.78	325.46	587.5	29.92	427.41
1.91	0.075	605.2	30.82	440.30	631.5	32.16	459.42	802.3	40.86	583.76
2.54	<b>0.100</b>	<b>737.8</b>	<b>37.58</b>	<b>536.83</b>	<b>896.4</b>	<b>45.65</b>	<b>652.17</b>	<b>1065.6</b>	<b>54.27</b>	<b>775.30</b>
3.18	0.125	910.1	46.35	662.15	1094.3	55.73	796.19	1283.0	65.34	933.45
3.81	0.150	1064.5	54.21	774.46	1274.9	64.93	927.54	1484.8	75.62	1080.26
4.45	0.175	1192.6	60.74	867.69	1420.5	72.35	1033.54	1665.3	84.81	1211.63
5.08	<b>0.200</b>	<b>1290.9</b>	<b>65.75</b>	<b>939.24</b>	<b>1549.8</b>	<b>78.93</b>	<b>1127.56</b>	<b>1846.7</b>	<b>94.05</b>	<b>1343.63</b>
7.62	0.300	1674.2	85.26	1218.06	2086.0	106.24	1517.73	2556.4	130.20	1859.97
10.16	0.400	2036.5	103.72	1481.71	2614.6	133.16	1902.27	3258.3	165.95	2370.64
12.70	0.500	2385.8	121.51	1735.82	3121.8	158.99	2271.31	3928.2	200.06	2858.01



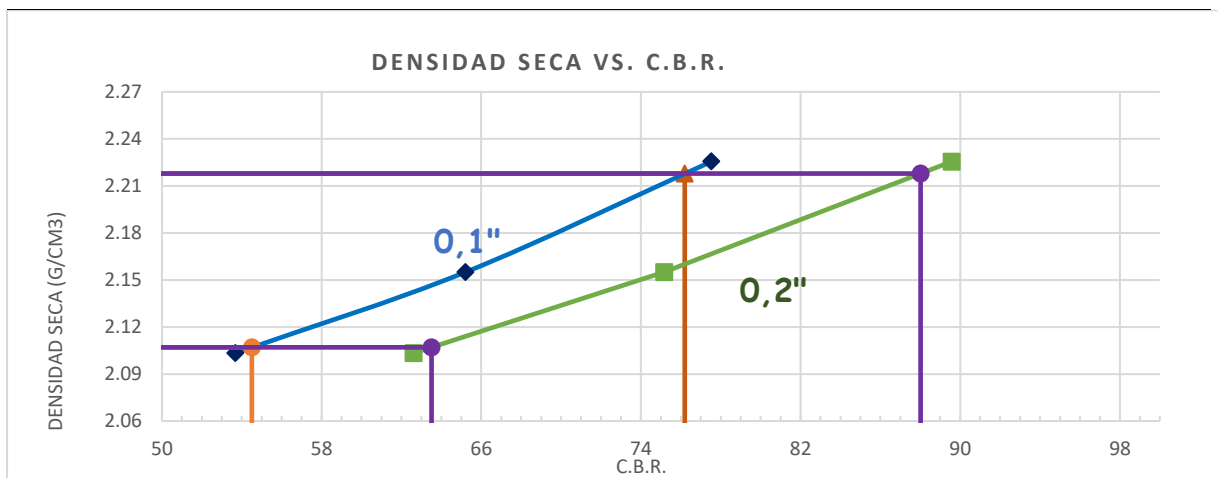


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	536.83	37.58	1000	53.68	2.103
Presión 25 Golpes	652.17	45.65	1000	65.22	2.155
Presión 56 Golpes	775.30	54.27	1000	77.53	2.226

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	939.24	65.75	1500	62.62	2.103
Presión 25 Golpes	1127.56	78.93	1500	75.17	2.155
Presión 56 Golpes	1343.63	94.05	1500	89.58	2.226

**Valor Relativo De Soporte C.B.R.**

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>54.5%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>76.2%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>63.51%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>88.01%</b>



**Límites De Atterberg ASTM D4318 AASHTOT 89 material+1 bolsas/m3 (cemento)+0.30 lt/m3**

**aceite sulfonado (proes)**

**Muestra:** C - 1

Tara N°	1	2	3	Tara N°	4	5
M tara (g)	<b>12.98</b>	<b>12.95</b>	<b>13.21</b>	M tara (g)	<b>10.84</b>	<b>12.11</b>
Mt+ M.Húmeda (g)	<b>35.74</b>	<b>34.39</b>	<b>36.43</b>	Mt+ M.Húmeda (g)	<b>17.95</b>	<b>19.41</b>
Mt+ M. Seca (g)	<b>31.17</b>	<b>30.20</b>	<b>32.06</b>	Mt+ M. Seca (g)	<b>16.81</b>	<b>18.23</b>
M agua (g)	4.57	4.19	4.37	M agua (g)	1.14	1.18
M M.Seca (g)	18.19	17.25	18.85	M. Muestra Seca (g)	5.97	6.12
W(%)	25.12%	24.29%	23.18%	W(%)	19.10%	19.28%
N. Golpes	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 19.00 %</b>		

Límite Líquido

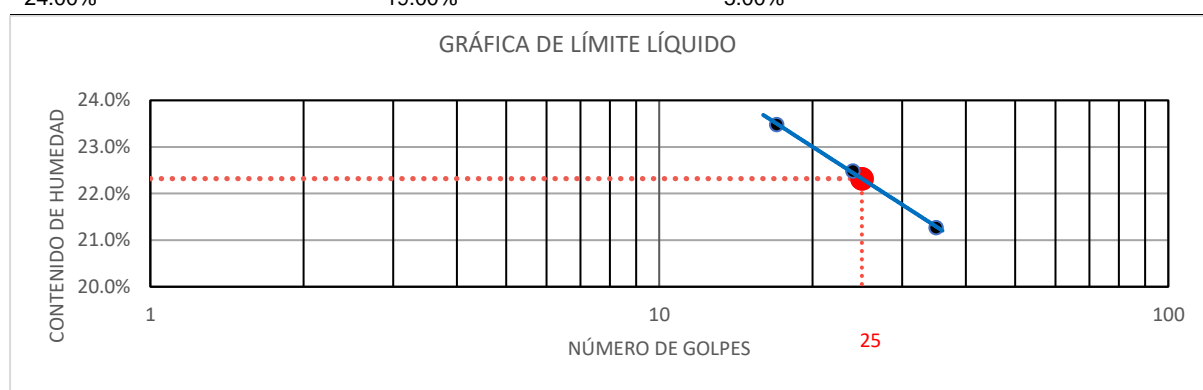
Límite Plástico

Índice De Plasticidad

24.00%

19.00%

5.00%



**Muestra:** C - 2

Límite Líquido			Límite Plástico			
Tara N°	1	2	3	Tara N°	4	5
M tara (g)	12.98	12.95	13.21	M tara (g)	10.84	12.11
Mt+ M.Húmeda (g)	33.52	35.02	36.25	Mt+ M.Húmeda (g)	18.55	19.12
Mt+ M. Seca (g)	29.03	30.77	32.06	Mt+ M. Seca (g)	17.32	18.01
M agua (g)	4.49	4.25	4.19	M agua (g)	1.23	1.11
M M.Seca (g)	16.05	17.82	18.85	M. Muestra Seca (g)	6.48	5.90
W(%)	27.98%	23.85%	22.23%	W(%)	18.98%	18.81%
N. Golpes	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>32</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 19.00%</b>		

Límite Líquido

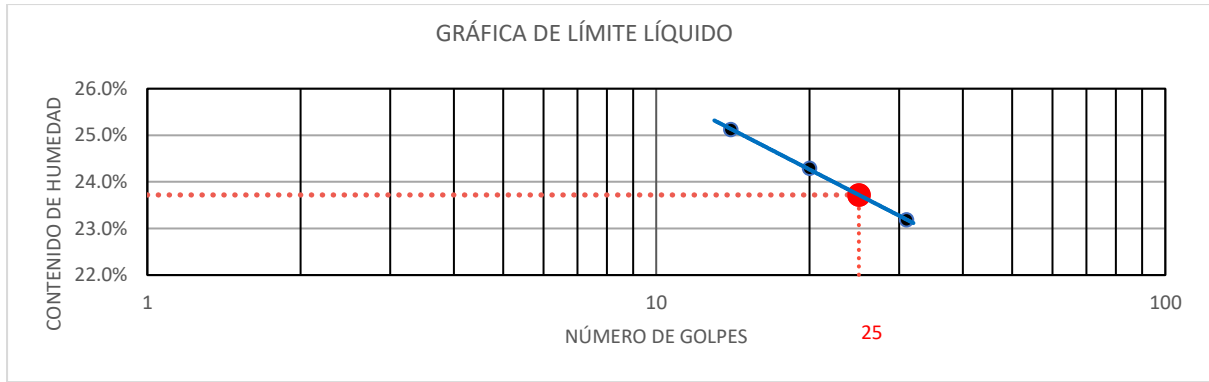
Límite Plástico

Índice De Plasticidad

24.00%

19.00%

5.00%



**Muestra:** C - 3

Límite Líquido			Límite Plástico			
Tara N°	1	2	3	Tara N°	4	5
M Tara (G)	12.98	12.95	13.21	M Tara (G)	10.84	12.11
Mt+ M. Húmeda (G)	<b>33.70</b>	<b>34.12</b>	<b>34.66</b>	Mt+ M. Húmeda (G)	<b>17.95</b>	<b>19.41</b>
Mt+ M. Seca (G)	<b>29.68</b>	<b>30.11</b>	<b>30.67</b>	Mt+ M. Seca (G)	<b>16.81</b>	<b>18.23</b>
M Agua (G)	4.02	4.01	3.99	M Agua (G)	1.14	1.18
M M. Seca (G)	16.70	17.16	17.46	M. Muestra Seca (G)	5.97	6.12
W(%)	24.07%	23.37%	22.85%	W(%)	19.10%	19.28%
N. Golpes	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 19.00 %</b>		

Límite Líquido

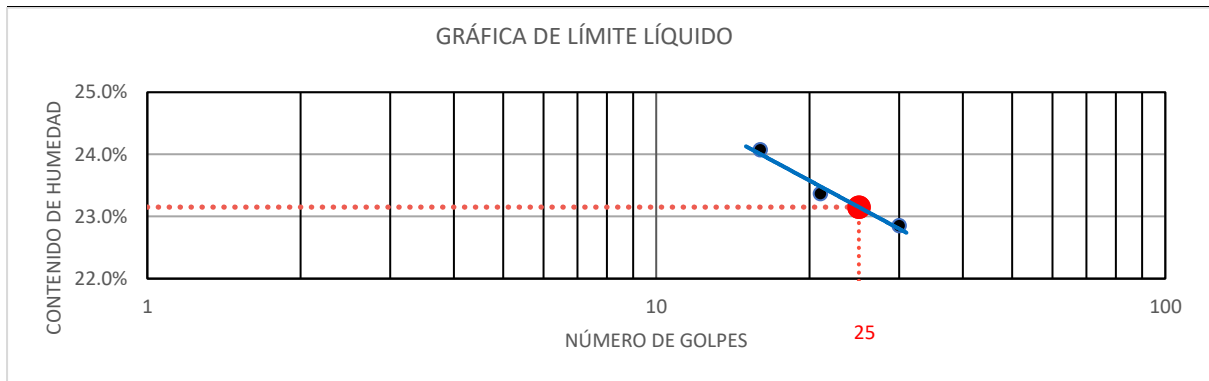
Límite Plástico

Índice De Plasticidad

23.00%

19.00%

4.00%



**Muestra:** C - 4

Límite Líquido			Límite Plástico			
Tara N°	1	2	3	Tara N°	4	5
M Tara (G)	12.98	12.95	13.21	M Tara (G)	10.84	12.11
Mt+ M. Húmeda (G)	<b>33.66</b>	<b>34.03</b>	<b>34.59</b>	Mt+ M. Húmeda (G)	<b>17.88</b>	<b>19.12</b>
Mt+ M. Seca (G)	<b>29.65</b>	<b>30.03</b>	<b>30.65</b>	Mt+ M. Seca (G)	<b>16.89</b>	<b>18.10</b>
M Agua (G)	4.01	4.00	3.94	M Agua (G)	0.99	1.02
M M. Seca (G)	16.67	17.08	17.44	M. Muestra Seca (G)	6.05	5.99
W(%)	24.06%	23.42%	22.59%	W(%)	16.36%	17.03%
N. Golpes	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>33</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 17.00%</b>		

Límite Líquido

Límite Plástico

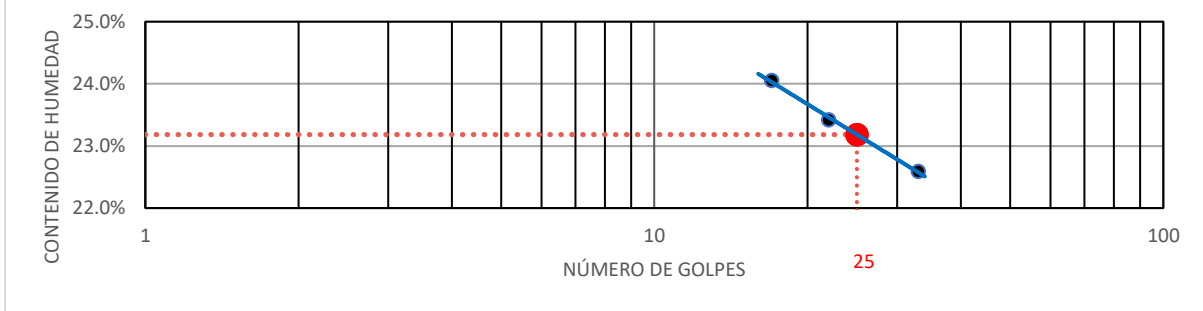
Índice De Plasticidad

23.00%

17.00%

6.00%

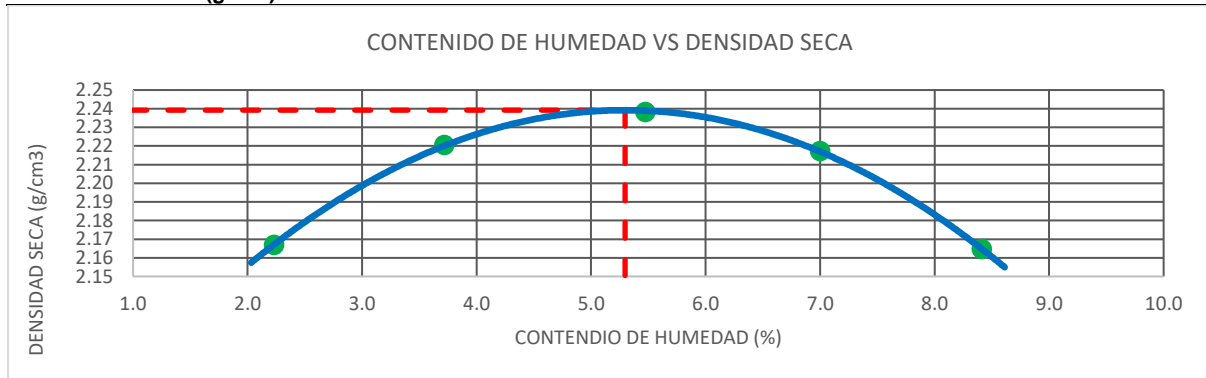
GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO



**Proctor Modificado ASTM D1557 AASHTOT 180 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.30 lt/m3**

**aceite sulfonado (proes)**

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) : 110			Diámetro Molde (Cm) : 15.24	
<b>DENSIDAD HÚMEDA</b>						
<b>ENSAYO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
N° de Capas	5	5	5	5	5	
N° de Golpes por Capa	56	56	56	56	56	
Peso Húmedo+ Molde (g)	7942.00	8143.00	8250.00	8284.00	8231.00	
Peso Molde (g)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	
Peso Húmedo (g)	4706.00	4907.00	5014.00	5048.00	4995.00	
Volumen del Molde (cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	
<b>Densidad Húmeda (g/cm³)</b>	<b>2.208</b>	<b>2.303</b>	<b>2.353</b>	<b>2.369</b>	<b>2.344</b>	
Contenido De Humedad						
<b>ENSAYO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
Peso Húmedo + Tara (g)	<b>647.00</b>	<b>613.00</b>	<b>651.00</b>	<b>625.00</b>	<b>636.00</b>	
Peso Seco + Tara (g)	<b>633.00</b>	<b>592.00</b>	<b>621.00</b>	<b>588.00</b>	<b>592.00</b>	
Peso Agua (g)	14.00	21.00	30.00	37.00	44.00	
Peso Tara (g)	<b>78.50</b>	<b>79.10</b>	<b>73.60</b>	<b>80.80</b>	<b>78.20</b>	
Peso Muestra Seca (g)	554.50	512.90	547.40	507.20	513.80	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>	<b>2.52</b>	<b>4.09</b>	<b>5.48</b>	<b>7.29</b>	<b>8.56</b>	
<b>DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	<b>2.154</b>	<b>2.212</b>	<b>2.231</b>	<b>2.208</b>	<b>2.159</b>	

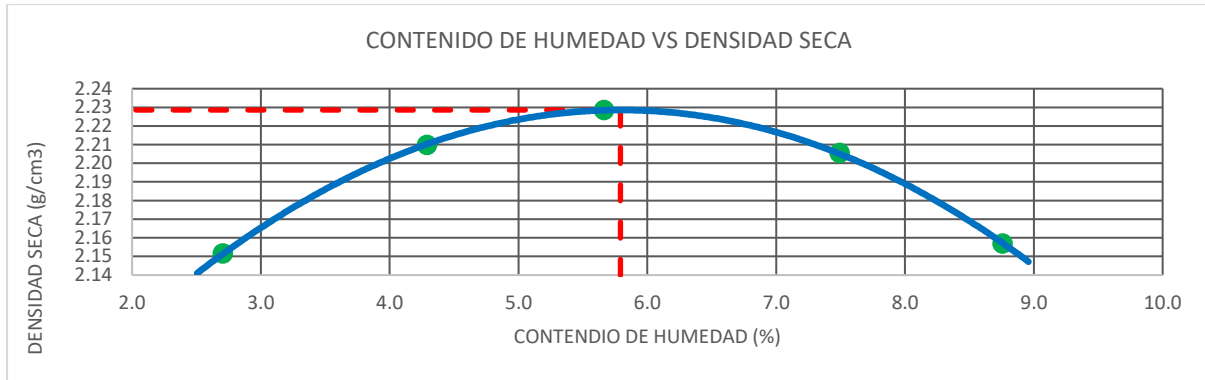


Densidad Seca Máxima (G/Cm3) : Cont. De Humedad Óptimo (%) :

**2.231** **5.60**

**Muestra:** C - 2

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) : 110			Diámetro Molde (Cm) : 15.24	
<b>Densidad Húmeda</b>						
<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
N° De Capas	5	5	5	5	5	
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56	
Peso Húmedo+ Molde (G)	7943.00	8145.00	8252.00	8286.00	8233.00	
Peso Molde (G)	3234.00	3234.00	3234.00	3234.00	3234.00	
Peso Húmedo (G)	4709.00	4911.00	5018.00	5052.00	4999.00	
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	
<b>Densidad Húmeda (G/Cm³)</b>	<b>2.210</b>	<b>2.305</b>	<b>2.355</b>	<b>2.371</b>	<b>2.346</b>	
Contenido De Humedad						
<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>648.00</b>	<b>614.00</b>	<b>652.00</b>	<b>626.00</b>	<b>637.00</b>	
Peso Seco + Tara (G)	<b>633.00</b>	<b>592.00</b>	<b>621.00</b>	<b>588.00</b>	<b>592.00</b>	
Peso Agua (G)	15.00	22.00	31.00	38.00	45.00	
Peso Tara (G)	<b>78.50</b>	<b>79.10</b>	<b>73.60</b>	<b>80.80</b>	<b>78.20</b>	
Peso Muestra Seca (G)	554.50	512.90	547.40	507.20	513.80	
<b>Contenido De Humedad (%)</b>	<b>2.71</b>	<b>4.29</b>	<b>5.66</b>	<b>7.49</b>	<b>8.76</b>	
<b>Densidad Seca (G/Cm³)</b>	<b>2.152</b>	<b>2.210</b>	<b>2.229</b>	<b>2.205</b>	<b>2.157</b>	



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

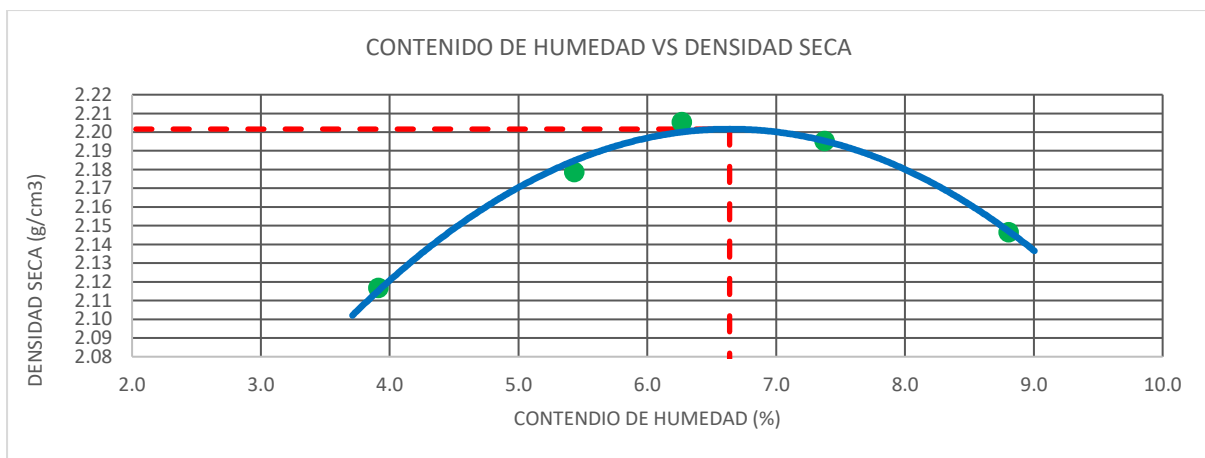
Cont. De Humedad Óptimo (%) :

**2.229**

**5.79**

**Muestra:** C - 3

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
<b>Densidad Húmeda</b>					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>7923.00</b>	<b>8131.00</b>	<b>8230.00</b>	<b>8259.00</b>	<b>8213.00</b>
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4687.00	4895.00	4994.00	5023.00	4977.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.199</b>	<b>2.297</b>	<b>2.344</b>	<b>2.357</b>	<b>2.336</b>
<b>Contenido De Humedad</b>					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>663.00</b>	<b>642.00</b>	<b>667.00</b>	<b>634.00</b>	<b>659.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>641.00</b>	<b>613.00</b>	<b>632.00</b>	<b>596.00</b>	<b>612.00</b>
Peso Agua (G)	22.00	29.00	35.00	38.00	47.00
Peso Tara (G)	78.50	79.10	73.60	80.80	78.20
Peso Muestra Seca (G)	562.50	533.90	558.40	515.20	533.80
Contenido De Humedad (%)	<b>3.91</b>	<b>5.43</b>	<b>6.27</b>	<b>7.38</b>	<b>8.80</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.117</b>	<b>2.179</b>	<b>2.205</b>	<b>2.195</b>	<b>2.147</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

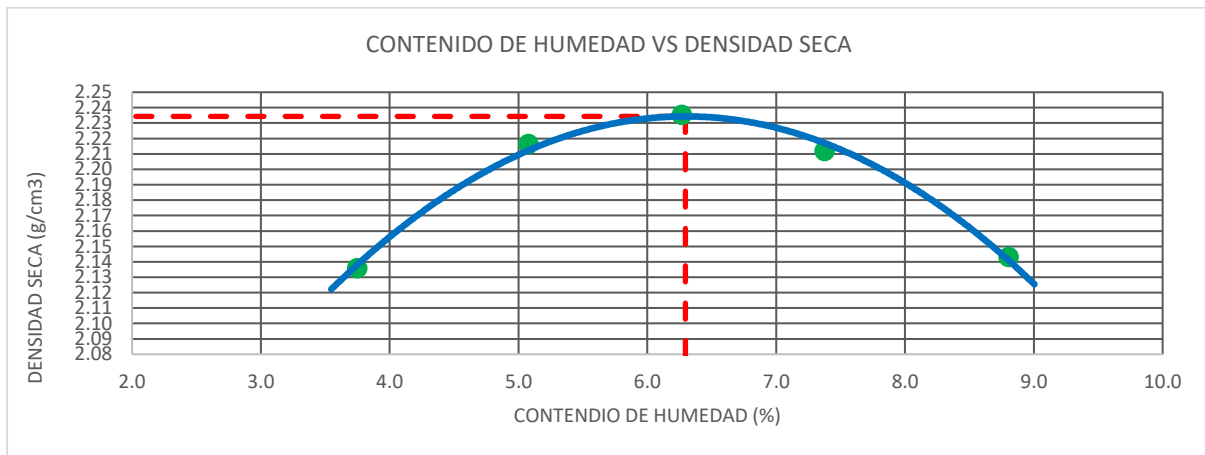
Cont. De Humedad Óptimo (%) :

**2.202**

**6.64**

Muestra: C - 4

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>7958.00</b>	<b>8199.00</b>	<b>8298.00</b>	<b>8297.00</b>	<b>8205.00</b>
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4722.00	4963.00	5062.00	5061.00	4969.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.216</b>	<b>2.329</b>	<b>2.375</b>	<b>2.375</b>	<b>2.332</b>
Contenido De Humedad					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>660.00</b>	<b>638.00</b>	<b>667.00</b>	<b>634.00</b>	<b>659.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>639.00</b>	<b>611.00</b>	<b>632.00</b>	<b>596.00</b>	<b>612.00</b>
Peso Agua (G)	21.00	27.00	35.00	38.00	47.00
Peso Tara (G)	78.50	79.10	73.60	80.80	78.20
Peso Muestra Seca (G)	560.50	531.90	558.40	515.20	533.80
Contenido De Humedad (%)	<b>3.75</b>	<b>5.08</b>	<b>6.27</b>	<b>7.38</b>	<b>8.80</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.136</b>	<b>2.216</b>	<b>2.235</b>	<b>2.212</b>	<b>2.143</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

Cont. De Humedad Óptimo (%) :

**2.234**

**6.30**

**Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 AASHTOT 193 material +1 bolsas/m3**

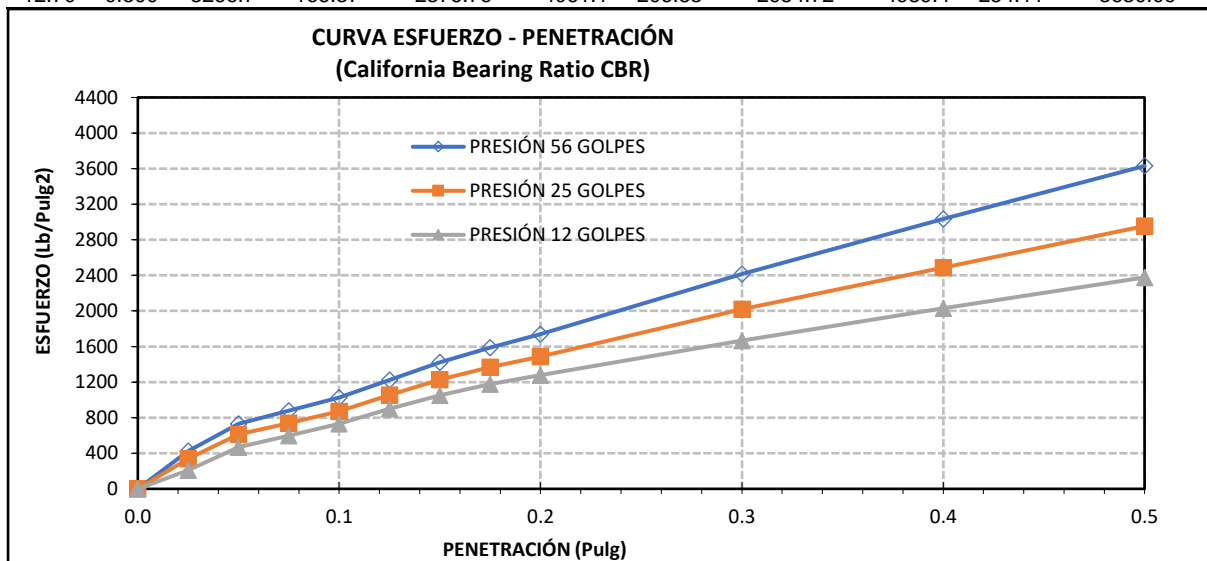
**(cemento)+0.30 lt/m3 aceite sulfonado (proes)**

**Muestra:** C - 1

Compactación C B R							
N° Golpes Por Capa	12		25		56		
Altura Molde (Mm)	116.590		117.420		117.600		
N° Capas	5		5		5		
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12889.0</b>	<b>12941.0</b>	<b>13046.0</b>	<b>13098.0</b>	<b>13251.0</b>	<b>13306.0</b>	
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0	
Peso De Muestra Húmeda (G)	4701.0	4753.0	4851.0	4903.0	5016.0	5071.0	
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82	
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.221	2.246	2.297	2.321	2.380	2.406	
Contenido De Humedad							
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B	
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	741.00	782.00	674.00	704.00	688.00	736.00	
Peso Seco + Tara (G)	705.00	737.00	642.00	664.00	655.00	694.00	
Peso Agua (G)	36.00	45.00	32.00	40.00	33.00	42.00	
Peso Tara (G)	73.50	78.10	65.90	61.40	69.20	73.60	
Peso Muestra Seca (G)	631.50	658.90	576.10	602.60	585.80	620.40	
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>5.70%</b>	<b>6.83%</b>	<b>5.55%</b>	<b>6.64%</b>	<b>5.63%</b>	<b>6.77%</b>	
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.101</b>	<b>2.102</b>	<b>2.176</b>	<b>2.177</b>	<b>2.253</b>	<b>2.253</b>	

**Ensayo Carga - Penetración**

Diámetro Del Pistón:		5 Cm			Área Del Pistón:			19.635 Cm2		
Penetración		Presión 12 Golpes		Cm	Presión 25 Golpes		Presión 56 Golpes		Cm2	
(Mm)	(Pulg)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)		Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)		
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	
0.64	0.025	290.0	14.77	210.98	466.3	23.75	339.29	582.1	29.65	
1.27	0.050	643.1	32.75	467.93	840.3	42.79	611.34	1005.9	51.23	
1.91	0.075	821.3	41.83	597.58	1014.8	51.68	738.33	1207.3	61.48	
2.54	<b>0.100</b>	<b>1002.8</b>	<b>51.07</b>	<b>729.59</b>	<b>1199.4</b>	<b>61.08</b>	<b>872.61</b>	<b>1409.4</b>	<b>71.78</b>	
3.18	0.125	1236.9	62.99	899.90	1449.3	73.81	1054.48	1683.2	85.72	
3.81	0.150	1446.7	73.68	1052.54	1686.4	85.89	1226.93	1952.3	99.43	
4.45	0.175	1620.8	82.55	1179.25	1881.3	95.81	1368.75	2181.4	111.10	
5.08	<b>0.200</b>	<b>1754.5</b>	<b>89.35</b>	<b>1276.48</b>	<b>2044.5</b>	<b>104.12</b>	<b>1487.49</b>	<b>2391.0</b>	<b>121.77</b>	
7.62	0.300	2291.5	116.70	1667.21	2775.0	141.33	2018.97	3318.2	169.00	
10.16	0.400	2792.1	142.20	2031.41	3420.0	174.18	2488.26	4172.1	212.48	
12.70	0.500	3266.7	166.37	2376.76	4061.1	206.83	2954.72	4989.4	254.11	



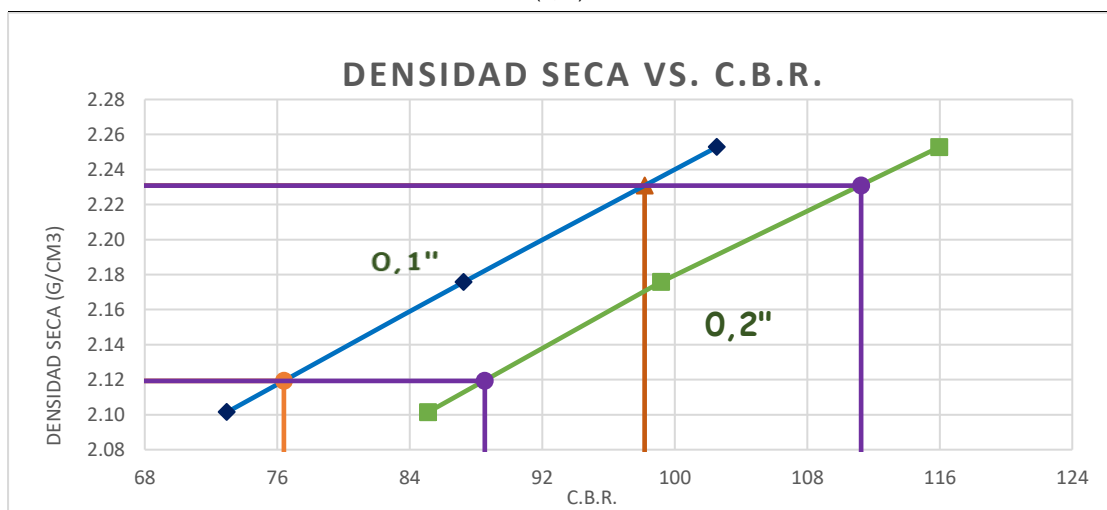


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	920.54	51.07	1000	72.96	2.101
Presión 25 Golpes	1090.09	61.08	1000	87.26	2.176
Presión 56 Golpes	1266.30	71.78	1000	102.54	2.253

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1577.12	89.35	1500	85.10	2.101
Presión 25 Golpes	1829.37	104.12	1500	99.17	2.176
Presión 56 Golpes	2124.44	121.77	1500	115.98	2.253

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

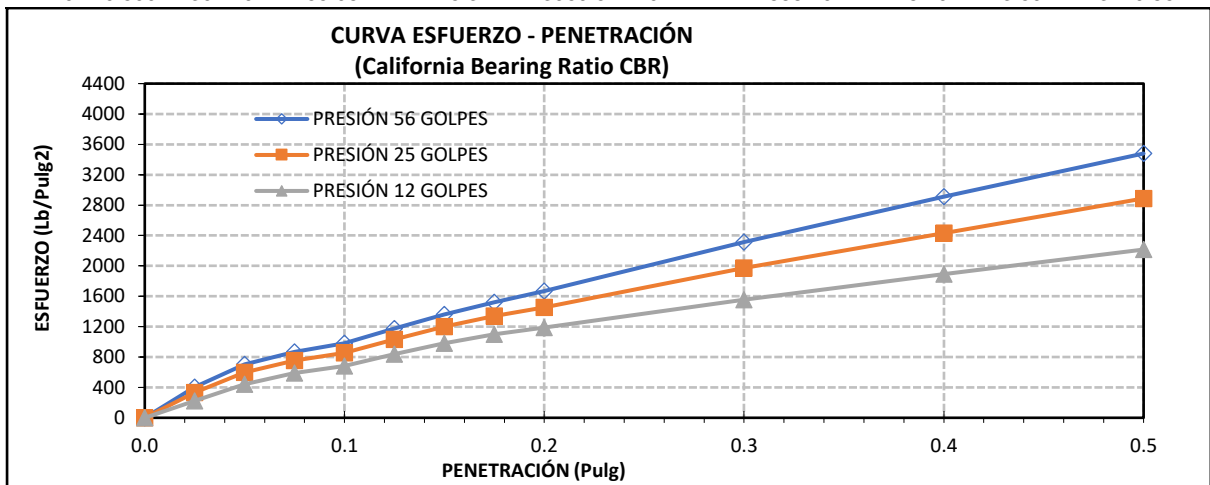
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>76.40%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>98.18%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>88.53%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>111.25%</b>



Muestra: C - 2

Compactación C B R							
N° Golpes Por Capa	12		25		56		
Altura Molde (Mm)	116.590		117.420		117.600		
N° Capas	5		5		5		
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12889.0</b>	<b>12941.0</b>	<b>13046.0</b>	<b>13098.0</b>	<b>13251.0</b>	<b>13306.0</b>	
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0	
Peso De Muestra Húmeda (G)	4701.0	4753.0	4851.0	4903.0	5016.0	5071.0	
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82	
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.221	2.246	2.297	2.321	2.380	2.406	
Contenido De Humedad							
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B	
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	741.00	782.00	674.00	704.00	688.00	736.00	
Peso Seco + Tara (G)	705.00	737.00	642.00	664.00	655.00	694.00	
Peso Agua (G)	36.00	45.00	32.00	40.00	33.00	42.00	
Peso Tara (G)	73.50	78.10	65.90	61.40	69.20	73.60	
Peso Muestra Seca (G)	631.50	658.90	576.10	602.60	585.80	620.40	
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>5.70%</b>	<b>6.83%</b>	<b>5.55%</b>	<b>6.64%</b>	<b>5.63%</b>	<b>6.77%</b>	

Densidad Seca (G/Cm3)		2.101	2.102	2.176	2.177	2.253	2.253			
Ensayo Carga - Penetración										
Diámetro Del Pistón:		5	Cm		Área Del Pistón:		19.635	Cm2		
Penetración	Presión 12 Golpes				Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes		
	Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		
(Mm)	(Pulg)	(Kg)	(Kg/Cm2)		(Lb/Pulg2)	(Kg)		(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	(Kg)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	308.0	15.69	224.12	455.8	23.21	331.64	558.1	28.42	406.02
1.27	0.050	607.0	30.92	441.65	821.3	41.83	597.56	964.3	49.11	701.60
1.91	0.075	810.9	41.30	589.96	1036.1	52.77	753.83	1190.5	60.63	866.13
2.54	<b>0.100</b>	<b>934.7</b>	<b>47.60</b>	<b>680.05</b>	<b>1172.3</b>	<b>59.71</b>	<b>852.94</b>	<b>1351.1</b>	<b>68.81</b>	<b>983.01</b>
3.18	0.125	1152.9	58.72	838.80	1416.7	72.15	1030.71	1613.5	82.18	1173.93
3.81	0.150	1348.4	68.67	981.07	1648.3	83.95	1199.27	1871.5	95.32	1361.67
4.45	0.175	1510.8	76.94	1099.17	1838.9	93.65	1337.89	2091.1	106.50	1521.44
5.08	<b>0.200</b>	<b>1635.3</b>	<b>83.29</b>	<b>1189.81</b>	<b>1998.4</b>	<b>101.78</b>	<b>1453.95</b>	<b>2292.1</b>	<b>116.73</b>	<b>1667.63</b>
7.62	0.300	2135.9	108.78	1554.00	2712.4	138.14	1973.45	3180.9	162.00	2314.32
10.16	0.400	2602.5	132.54	1893.48	3342.9	170.25	2432.16	3999.5	203.69	2909.87
12.70	0.500	3044.9	155.08	2215.37	3969.5	202.17	2888.10	4782.9	243.59	3479.86

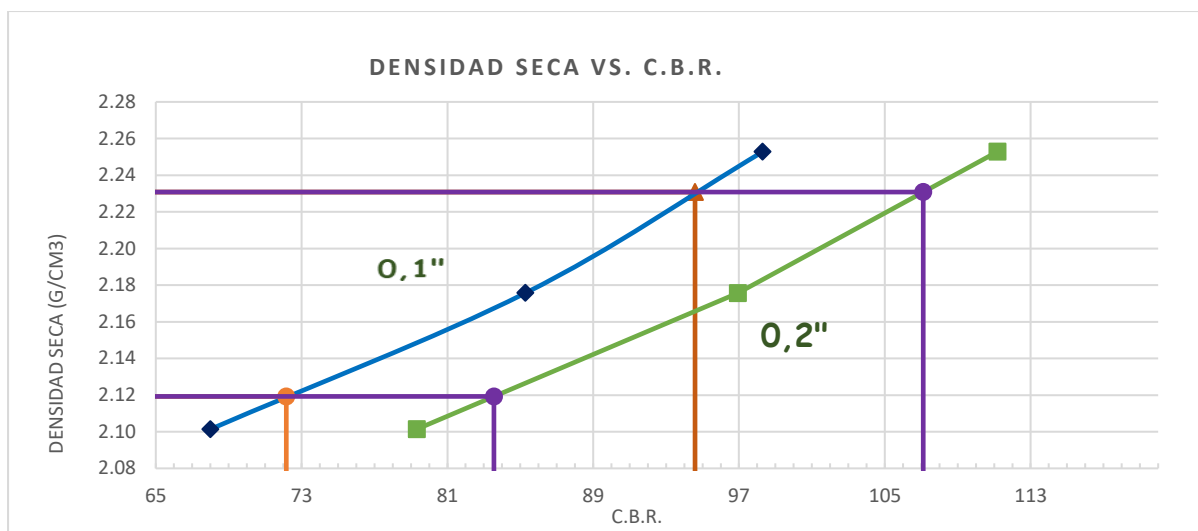


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	680.05	47.60	1000	68.00	2.101
Presión 25 Golpes	852.94	59.71	1000	85.29	2.176
Presión 56 Golpes	983.01	68.81	1000	98.30	2.253

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1189.81	83.29	1500	79.32	2.101
Presión 25 Golpes	1453.95	101.78	1500	96.93	2.176
Presión 56 Golpes	1667.63	116.73	1500	111.18	2.253

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	71.66%
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	94.21%
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	83.05%
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	106.69%



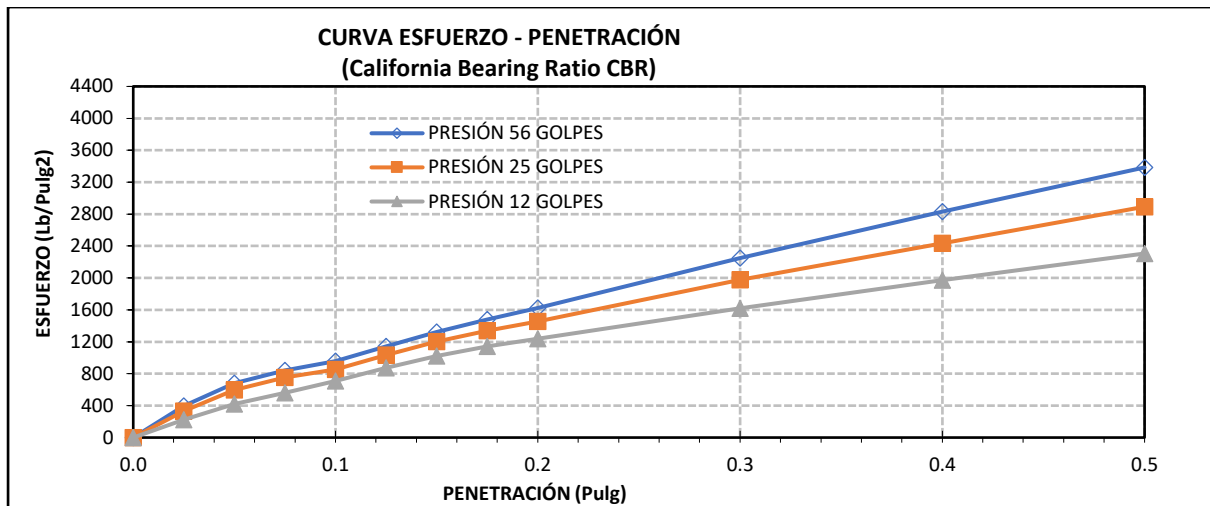
**Muestra:** C - 3

**Compactación C B R**

N° Golpes Por Capa	12	25	56			
Altura Molde (Mm)	116.590	117.420	117.600			
N° Capas	5	5	5			
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12815.0</b>	<b>12915.0</b>	<b>12986.0</b>	<b>13098.0</b>	<b>13164.0</b>	<b>13306.0</b>
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0
Peso De Muestra Húmeda (G)	4627.0	4727.0	4791.0	4903.0	4929.0	5071.0
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.186	2.233	2.268	2.321	2.338	2.406
Contenido De Humedad						
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>741.00</b>	<b>777.00</b>	<b>674.00</b>	<b>725.00</b>	<b>688.00</b>	<b>746.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>705.00</b>	<b>726.00</b>	<b>642.00</b>	<b>676.00</b>	<b>655.00</b>	<b>692.00</b>
Peso Agua (G)	36.00	51.00	32.00	49.00	33.00	54.00
Peso Tara (G)	73.50	78.10	65.90	61.40	69.20	73.60
Peso Muestra Seca (G)	631.50	647.90	576.10	614.60	585.80	618.40
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>5.70%</b>	<b>7.87%</b>	<b>5.55%</b>	<b>7.97%</b>	<b>5.63%</b>	<b>8.73%</b>
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.068</b>	<b>2.070</b>	<b>2.149</b>	<b>2.150</b>	<b>2.214</b>	<b>2.213</b>

**Ensayo Carga - Penetración**

Diámetro Del Pistón:		5		Cm		Área Del Pistón:			19.635		Cm2		
Penetración		Presión 12 Golpes				Presión 25 Golpes				Presión 56 Golpes			
(Mm)	(Pulg)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	307.3	15.65	223.60	456.5	23.25	332.17	542.8	27.65	394.93	542.8	27.65	394.93
1.27	0.050	575.4	29.30	418.61	822.6	41.90	598.51	938.0	47.77	682.44	938.0	47.77	682.44
1.91	0.075	772.6	39.35	562.14	1037.7	52.85	755.02	1157.9	58.97	842.47	1157.9	58.97	842.47
2.54	<b>0.100</b>	<b>973.1</b>	<b>49.56</b>	<b>707.97</b>	<b>1174.2</b>	<b>59.80</b>	<b>854.28</b>	<b>1314.2</b>	<b>66.93</b>	<b>956.15</b>	<b>1314.2</b>	<b>66.93</b>	<b>956.15</b>
3.18	0.125	1200.2	61.13	873.24	1418.9	72.26	1032.34	1569.4	79.93	1141.86	1569.4	79.93	1141.86
3.81	0.150	1403.8	71.49	1021.35	1650.9	84.08	1201.16	1820.4	92.71	1324.46	1820.4	92.71	1324.46
4.45	0.175	1572.8	80.10	1144.30	1841.8	93.80	1340.01	2034.0	103.59	1479.87	2034.0	103.59	1479.87
5.08	<b>0.200</b>	<b>1702.5</b>	<b>86.71</b>	<b>1238.66</b>	<b>2001.5</b>	<b>101.94</b>	<b>1456.25</b>	<b>2229.5</b>	<b>113.54</b>	<b>1622.07</b>	<b>2229.5</b>	<b>113.54</b>	<b>1622.07</b>
7.62	0.300	2223.6	113.25	1617.81	2716.7	138.36	1976.57	3094.0	157.58	2251.08	3094.0	157.58	2251.08
10.16	0.400	2709.3	137.99	1971.22	3348.2	170.52	2436.00	3890.2	198.13	2830.37	3890.2	198.13	2830.37
12.70	0.500	3169.9	161.44	2306.34	3975.8	202.49	2892.66	4652.2	236.94	3384.79	4652.2	236.94	3384.79

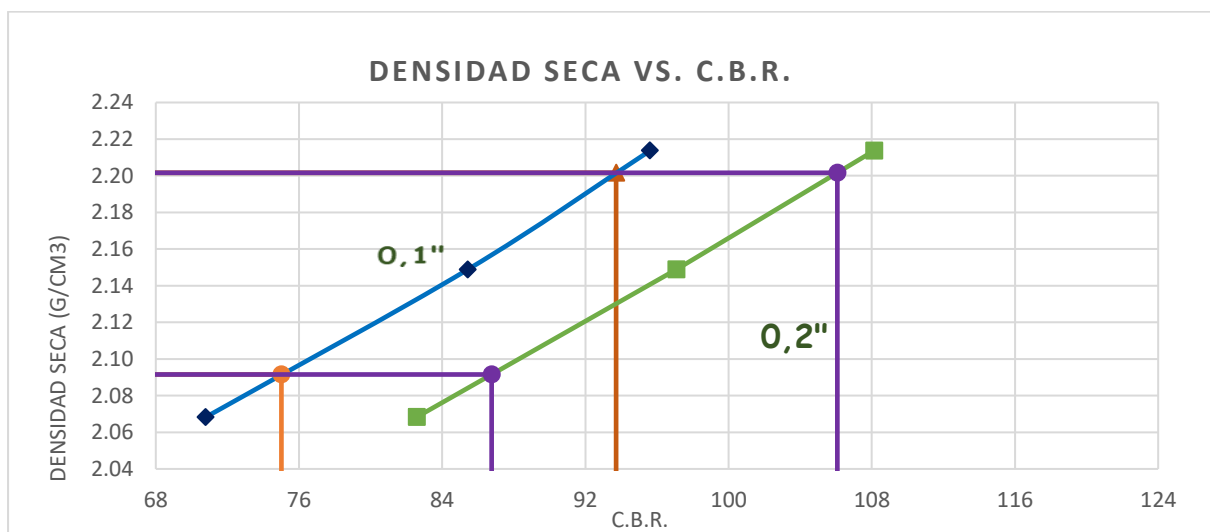


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	707.97	49.56	1000	70.80	2.068
Presión 25 Golpes	854.28	59.80	1000	85.43	2.149
Presión 56 Golpes	956.15	66.93	1000	95.61	2.214

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1238.66	86.71	1500	82.58	2.068
Presión 25 Golpes	1456.25	101.94	1500	97.08	2.149
Presión 56 Golpes	1622.07	113.54	1500	108.14	2.214

**Valor Relativo De Soporte C.B.R.**

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>75.02%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>93.72%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>86.76%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>106.08%</b>



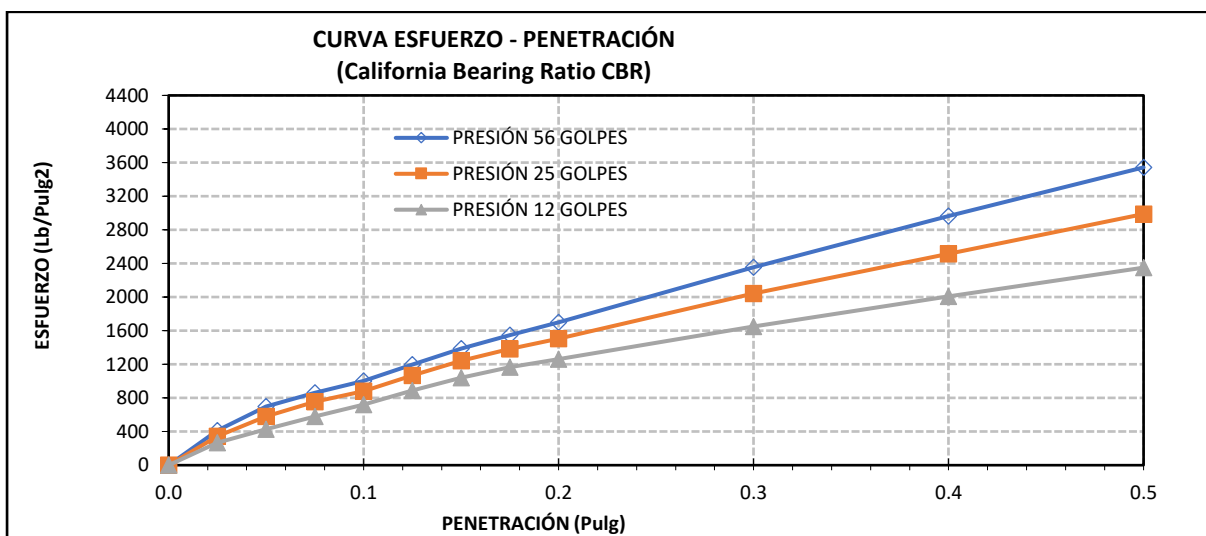
Muestra: C - 4

Compactación C B R

N° Golpes Por Capa	12	25	56			
Altura Molde (Mm)	116.590	117.420	117.600			
N° Capas	5	5	5			
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12902.0</b>	<b>12958.0</b>	<b>13068.0</b>	<b>13116.0</b>	<b>13226.0</b>	<b>13274.0</b>
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0
Peso De Muestra Húmeda (G)	4714.0	4770.0	4873.0	4921.0	4991.0	5039.0
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.227	2.254	2.307	2.330	2.368	2.391
Contenido De Humedad						
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>741.00</b>	<b>771.00</b>	<b>674.00</b>	<b>729.00</b>	<b>688.00</b>	<b>645.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>705.00</b>	<b>726.00</b>	<b>642.00</b>	<b>688.00</b>	<b>655.00</b>	<b>609.00</b>
Peso Agua (G)	36.00	45.00	32.00	41.00	33.00	36.00
Peso Tara (G)	73.50	78.10	65.90	61.40	69.20	73.60
Peso Muestra Seca (G)	631.50	647.90	576.10	626.60	585.80	535.40
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>5.70%</b>	<b>6.95%</b>	<b>5.55%</b>	<b>6.54%</b>	<b>5.63%</b>	<b>6.72%</b>
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.107</b>	<b>2.107</b>	<b>2.186</b>	<b>2.187</b>	<b>2.242</b>	<b>2.240</b>

Ensayo Carga - Penetración

Diámetro Del Pistón:		5 Cm			Área Del Pistón:			19.635 Cm2		
Penetración		Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
(Mm)	(Pulg)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	366.8	18.68	266.85	471.7	24.02	343.17	568.2	28.94	413.42
1.27	0.050	611.2	31.13	444.66	849.9	43.28	618.33	981.9	50.01	714.38
1.91	0.075	860.3	43.81	625.91	1072.1	54.60	780.03	1212.1	61.73	881.91
2.54	<b>0.100</b>	<b>991.6</b>	<b>50.50</b>	<b>721.48</b>	<b>1213.1</b>	<b>61.78</b>	<b>882.58</b>	<b>1375.7</b>	<b>70.06</b>	<b>1000.91</b>
3.18	0.125	1223.1	62.29	889.90	1465.9	74.66	1066.53	1642.9	83.67	1195.32
3.81	0.150	1430.6	72.86	1040.84	1705.6	86.87	1240.95	1905.6	97.05	1386.47
4.45	0.175	1602.8	81.63	1166.14	1902.8	96.91	1384.39	2129.2	108.44	1549.15
5.08	<b>0.200</b>	<b>1735.0</b>	<b>88.36</b>	<b>1262.30</b>	<b>2067.8</b>	<b>105.31</b>	<b>1504.49</b>	<b>2333.8</b>	<b>118.86</b>	<b>1698.01</b>
7.62	0.300	2266.0	115.41	1648.68	2806.7	142.94	2042.04	3238.8	164.95	2356.47
10.16	0.400	2761.0	140.62	2008.84	3459.1	176.17	2516.69	4072.3	207.40	2962.88
12.70	0.500	3230.4	164.52	2350.35	4107.5	209.19	2988.48	4870.0	248.03	3543.25

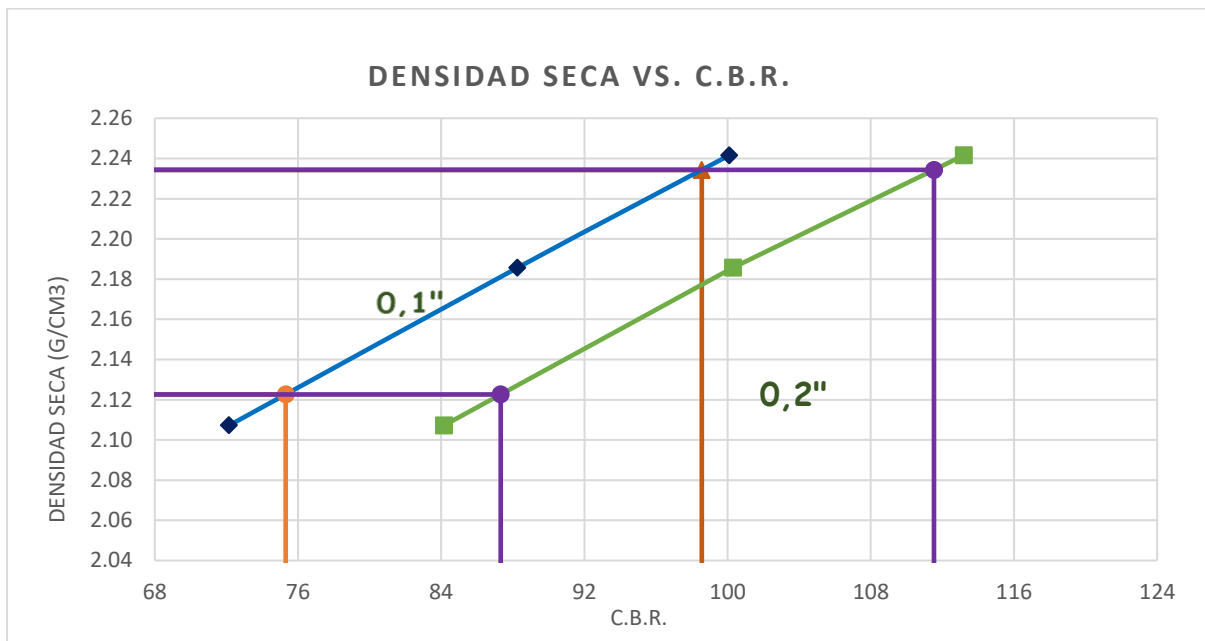


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	721.48	50.50	1000	72.15	2.107
Presión 25 Golpes	882.58	61.78	1000	88.26	2.186
Presión 56 Golpes	1000.91	70.06	1000	100.09	2.242

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1262.30	88.36	1500	84.15	2.107
Presión 25 Golpes	1504.49	105.31	1500	100.30	2.186
Presión 56 Golpes	1698.01	118.86	1500	113.20	2.242

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>75.31%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>98.56%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>87.33%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>111.53%</b>



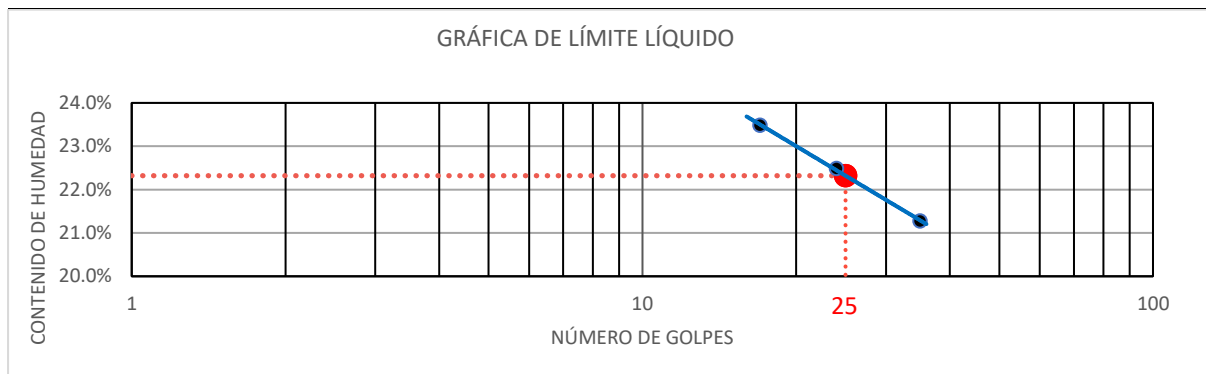
**Límites De Atterberg ASTM D4318 AASHTOT 89 material+1 bolsas/m3 (cemento)+0.35 lt/m3**

**aceite sulfonado (proes)**

**Muestra:** C - 1

Límite Líquido				Límite Plástico		
Tara N°	1	2	3	Tara N°	4	5
M Tara (G)	12.91	13.26	13.15	M Tara (G)	11.54	12.89
Mt+ M. Húmeda (G)	34.84	36.41	35.67	Mt+ M. Húmeda (G)	19.72	21.45
Mt+ M. Seca (G)	30.67	32.16	31.72	Mt+ M. Seca (G)	18.51	20.19
M Agua (G)	4.17	4.25	3.95	M Agua (G)	1.21	1.26
M M. Seca (G)	17.76	18.90	18.57	M. Muestra Seca (G)	6.97	7.30
W(%)	23.48%	22.49%	21.27%	W(%)	17.36%	17.26%
N. Golpes	17	24	35	<b>Contenido De Humedad Promedio: 17.00%</b>		

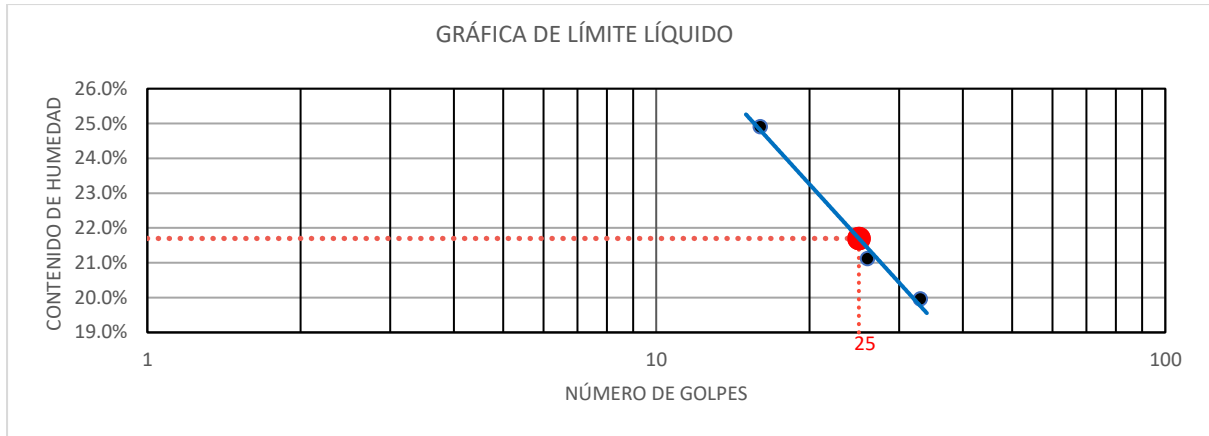
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad
22.00%	17.00%	5.00%



**Muestra:** C - 2

Límite Líquido				Límite Plástico		
Tara N°	1	2	3	Tara N°	4	5
M Tara (G)	13.88	14.22	14.52	M Tara (G)	12.69	13.06
Mt+ M. Húmeda (G)	34.84	36.41	35.67	Mt+ M. Húmeda (G)	18.98	20.16
Mt+ M. Seca (G)	30.66	32.54	32.15	Mt+ M. Seca (G)	18.02	19.11
M Agua (G)	4.18	3.87	3.52	M Agua (G)	0.96	1.05
M M. Seca (G)	16.78	18.32	17.63	M. Muestra Seca (G)	5.33	6.05
W(%)	24.91%	21.12%	19.97%	W(%)	18.01%	17.36%
N. Golpes	16	26	33	<b>Contenido De Humedad Promedio: 18.00%</b>		

Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad
22.00%	18.00%	4.00%



**Muestra:** C - 3

Límite Líquido			Límite Plástico			
Tara Nº	1	2	3	Tara Nº	4	5
M Tara (G)	12.91	13.26	13.15	M Tara (G)	11.54	12.89
Mt+ M. Húmeda (G)	<b>31.80</b>	<b>35.68</b>	<b>34.58</b>	Mt+ M. Húmeda (G)	<b>19.72</b>	<b>21.45</b>
Mt+ M. Seca (G)	<b>28.36</b>	<b>31.76</b>	<b>30.99</b>	Mt+ M. Seca (G)	<b>18.51</b>	<b>20.19</b>
M Agua (G)	3.44	3.92	3.59	M Agua (G)	1.21	1.26
M M. Seca (G)	15.45	18.50	17.84	M. Muestra Seca (G)	6.97	7.30
W(%)	22.27%	21.19%	20.12%	W(%)	17.36%	17.26%
N. Golpes	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>33</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 17.00%</b>		

Límite Líquido

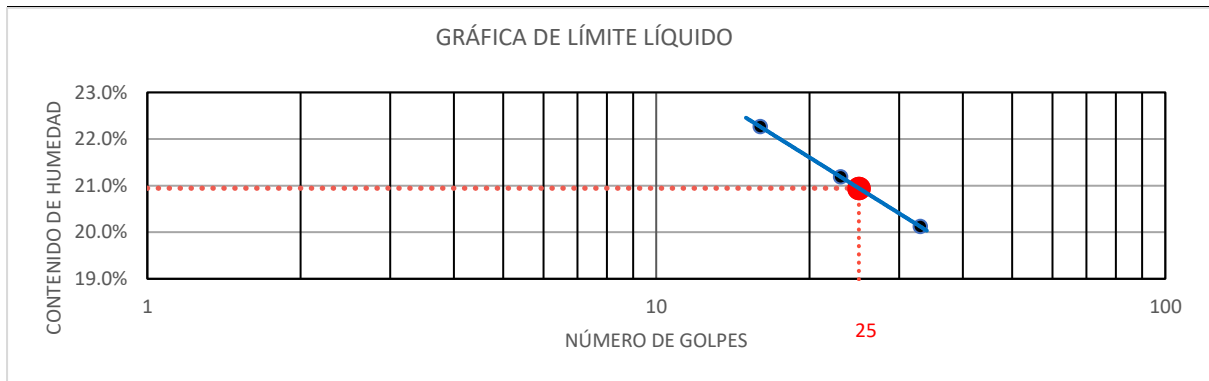
Límite Plástico

Índice De Plasticidad

21.00%

17.00%

4.00%



**Muestra:** C - 4

Límite Líquido			Límite Plástico			
Tara Nº	1	2	3	Tara Nº	4	5
M Tara (G)	12.91	13.26	13.15	M tara (g)	11.54	12.89
Mt+ M. Húmeda (G)	<b>30.35</b>	<b>34.52</b>	<b>33.78</b>	Mt+ M. Húmeda (g)	<b>20.59</b>	<b>23.64</b>
Mt+ M. Seca (G)	<b>27.36</b>	<b>30.98</b>	<b>30.53</b>	Mt+ M. Seca (g)	<b>19.30</b>	<b>22.37</b>
M Agua (G)	2.99	3.54	3.25	M agua (g)	1.29	1.27
M M. Seca (G)	14.45	17.72	17.38	M. Muestra Seca (g)	7.76	9.48
W(%)	20.69%	19.98%	18.70%	W(%)	16.62%	13.40%
N. Golpes	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>33</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 15.00%</b>		



Límite Líquido

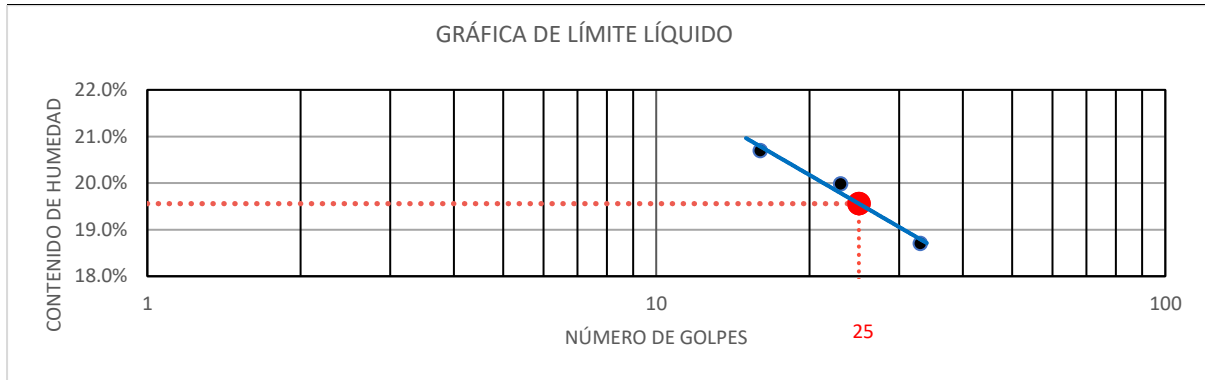
Límite Plástico

Índice De Plasticidad

20.00%

15.00%

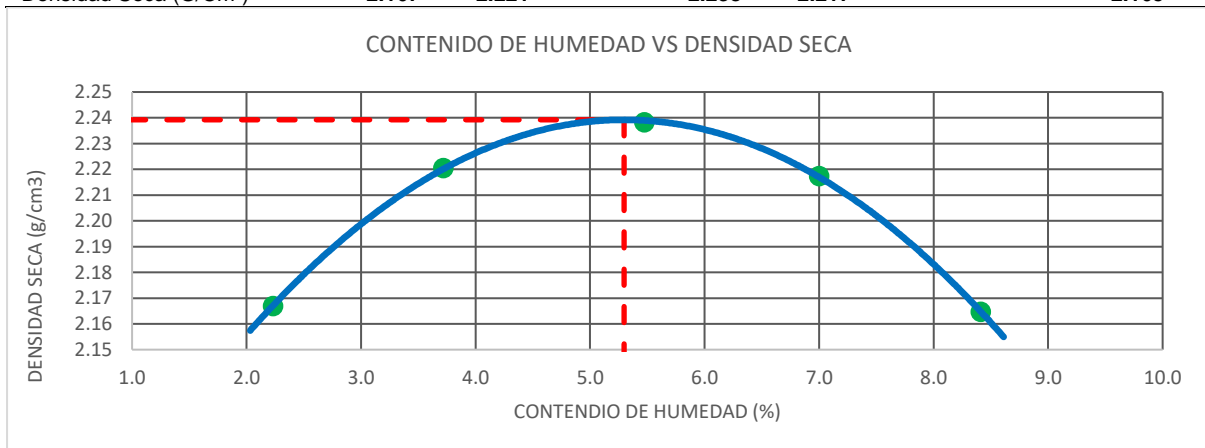
5.00%



**Proctor Modificado ASTM D1557 AASHTOT 180 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.35 lt/m3 aceite sulfonado (proes)**

**Muestra:** C - 1

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Nº De Capas	5	5	5	5	5
Nº De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	7957.00	8144.00	8267.00	8292.00	8237.00
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4721.00	4908.00	5031.00	5056.00	5001.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.215</b>	<b>2.303</b>	<b>2.361</b>	<b>2.373</b>	<b>2.347</b>
Contenido De Humedad					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>625.00</b>	<b>610.00</b>	<b>657.00</b>	<b>643.00</b>	<b>631.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>613.00</b>	<b>591.00</b>	<b>627.00</b>	<b>606.00</b>	<b>588.00</b>
Peso Agua (G)	12.00	19.00	30.00	37.00	43.00
Peso Tara (G)	<b>75.40</b>	<b>80.10</b>	<b>78.90</b>	<b>77.50</b>	<b>76.80</b>
Peso Muestra Seca (G)	537.60	510.90	548.10	528.50	511.20
Contenido De Humedad (%)	<b>2.23</b>	<b>3.72</b>	<b>5.47</b>	<b>7.00</b>	<b>8.41</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.167</b>	<b>2.221</b>	<b>2.238</b>	<b>2.217</b>	<b>2.165</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

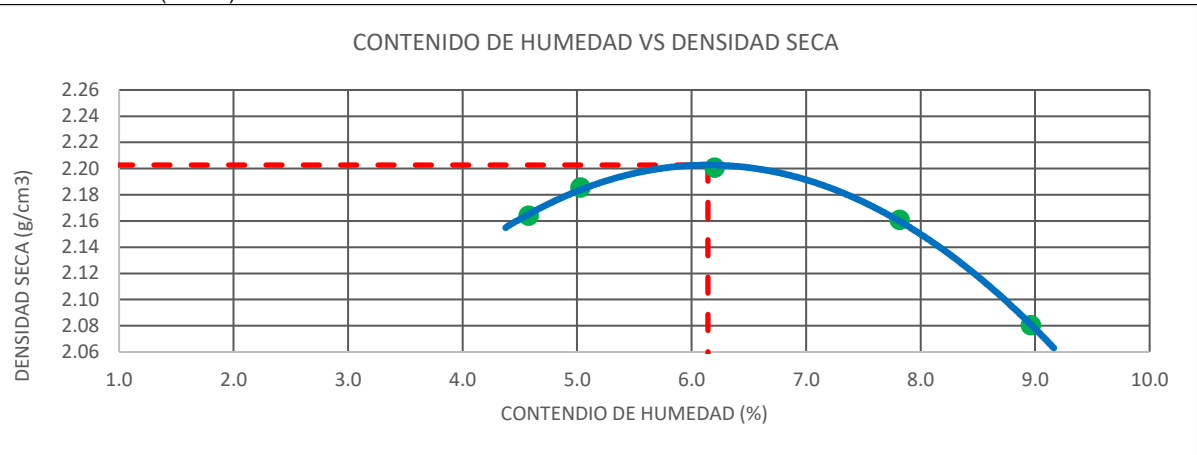
Cont. De Humedad Óptimo (%) :

2.239

5.30

Muestra: C - 2

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>8059.00</b>	<b>8128.00</b>	<b>8217.00</b>	<b>8201.00</b>	<b>8067.00</b>
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4823.00	4892.00	4981.00	4965.00	4831.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.263</b>	<b>2.296</b>	<b>2.337</b>	<b>2.330</b>	<b>2.267</b>
Contenido De Humedad					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>601.00</b>	<b>623.00</b>	<b>644.00</b>	<b>643.00</b>	<b>636.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>578.00</b>	<b>597.00</b>	<b>611.00</b>	<b>602.00</b>	<b>590.00</b>
Peso Agua (G)	23.00	26.00	33.00	41.00	46.00
Peso Tara (G)	<b>75.40</b>	<b>80.10</b>	<b>78.90</b>	<b>77.50</b>	<b>76.80</b>
Peso Muestra Seca (G)	502.60	516.90	532.10	524.50	513.20
Contenido De Humedad (%)	<b>4.58</b>	<b>5.03</b>	<b>6.20</b>	<b>7.82</b>	<b>8.96</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.164</b>	<b>2.186</b>	<b>2.201</b>	<b>2.161</b>	<b>2.081</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

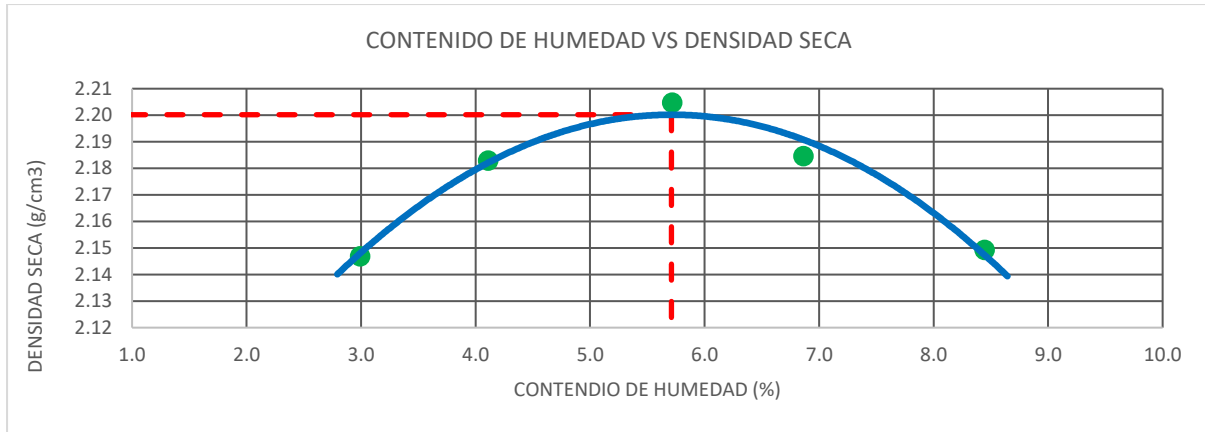
Cont. De Humedad Óptimo (%) :

2.203

6.14

Muestra: C - 3

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>7948.00</b>	<b>8079.00</b>	<b>8203.00</b>	<b>8211.00</b>	<b>8203.00</b>
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4712.00	4843.00	4967.00	4975.00	4967.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.211</b>	<b>2.273</b>	<b>2.331</b>	<b>2.335</b>	<b>2.331</b>
Contenido De Humedad					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>626.00</b>	<b>612.00</b>	<b>652.00</b>	<b>638.00</b>	<b>629.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>610.00</b>	<b>591.00</b>	<b>621.00</b>	<b>602.00</b>	<b>586.00</b>
Peso Agua (G)	16.00	21.00	31.00	36.00	43.00
Peso Tara (G)	<b>75.40</b>	<b>80.10</b>	<b>78.90</b>	<b>77.50</b>	<b>76.80</b>
Peso Muestra Seca (G)	534.60	510.90	542.10	524.50	509.20
Contenido De Humedad (%)	<b>2.99</b>	<b>4.11</b>	<b>5.72</b>	<b>6.86</b>	<b>8.44</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.147</b>	<b>2.183</b>	<b>2.205</b>	<b>2.185</b>	<b>2.149</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

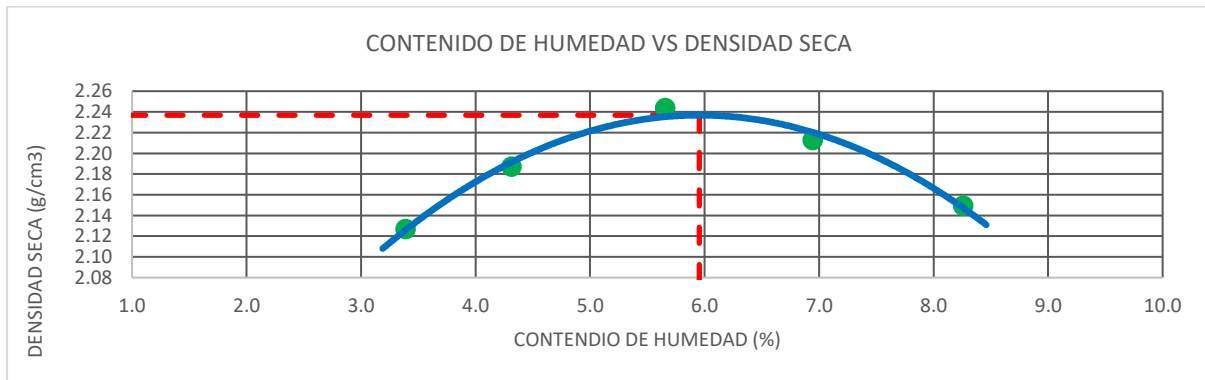
Cont. De Humedad Óptimo (%) :

2.200

5.71

Muestra: C - 4

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	1	2	3	4	5
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>7922.00</b>	<b>8098.00</b>	<b>8288.00</b>	<b>8279.00</b>	<b>8195.00</b>
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4686.00	4862.00	5052.00	5043.00	4959.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.199</b>	<b>2.282</b>	<b>2.371</b>	<b>2.366</b>	<b>2.327</b>
Contenido De Humedad					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>594.00</b>	<b>588.00</b>	<b>602.00</b>	<b>632.00</b>	<b>588.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>577.00</b>	<b>567.00</b>	<b>574.00</b>	<b>596.00</b>	<b>549.00</b>
Peso Agua (G)	17.00	21.00	28.00	36.00	39.00
Peso Tara (G)	<b>75.40</b>	<b>80.10</b>	<b>78.90</b>	<b>77.50</b>	<b>76.80</b>
Peso Muestra Seca (G)	501.60	486.90	495.10	518.50	472.20
Contenido De Humedad (%)	<b>3.39</b>	<b>4.31</b>	<b>5.66</b>	<b>6.94</b>	<b>8.26</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.127</b>	<b>2.187</b>	<b>2.244</b>	<b>2.213</b>	<b>2.150</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

Cont. De Humedad Óptimo (%) :

2.237

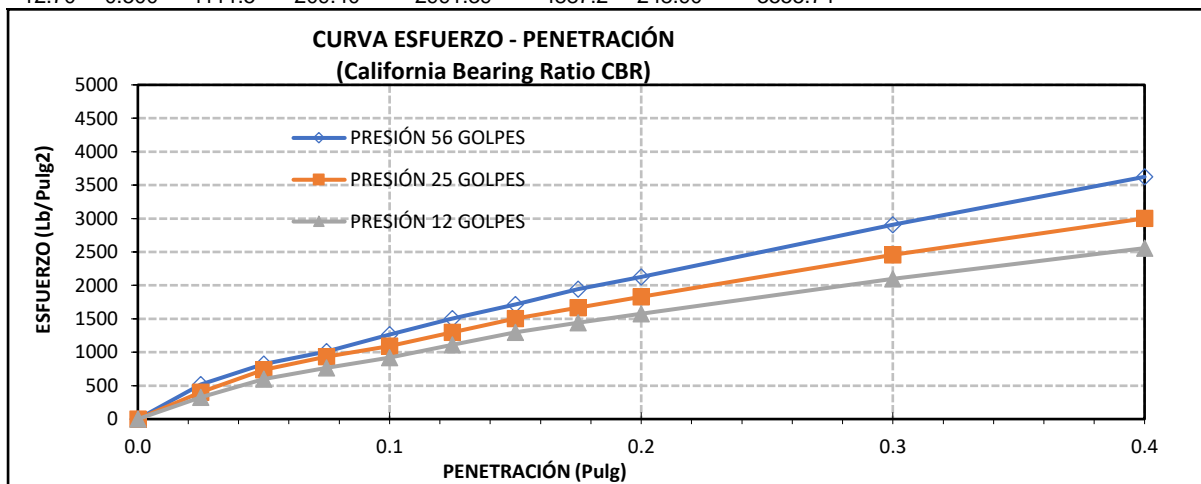
5.95

**Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 AASHTOT 193 material +1 bolsas/m3**

**(cemento)+0.35 lt/m3 aceite sulfonado (proes)**

<b>Muestra:</b>	C - 1					
<b>Compactación C B R</b>						
N° Golpes Por Capa	12		25		56	
Altura Molde (Mm)	116.590		117.420		117.600	
N° Capas	5		5		5	
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12883.0</b>	<b>12931.0</b>	<b>13058.0</b>	<b>13115.0</b>	<b>13255.0</b>	<b>13309.0</b>
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0
Peso De Muestra Húmeda (G)	4695.0	4743.0	4863.0	4920.0	5020.0	5074.0
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.218	2.241	2.302	2.329	2.382	2.407
Contenido De Humedad						
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	737.00	780.00	645.00	697.00	679.00	712.00
Peso Seco + Tara (G)	704.00	738.00	615.00	658.00	648.00	673.00
Peso Agua (G)	33.00	42.00	30.00	39.00	31.00	39.00
Peso Tara (G)	73.10	74.90	60.50	63.30	68.20	70.50
Peso Muestra Seca (G)	630.90	663.10	554.50	594.70	579.80	602.50
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>5.23%</b>	<b>6.33%</b>	<b>5.41%</b>	<b>6.56%</b>	<b>5.35%</b>	<b>6.47%</b>
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.108</b>	<b>2.108</b>	<b>2.184</b>	<b>2.186</b>	<b>2.261</b>	<b>2.261</b>

<b>Ensayo Carga - Penetración</b>										
Diámetro Del Pistón:		5 Cm			Área Del Pistón:			19.635 Cm2		
Penetración		<b>Presión 12 Golpes</b>			<b>Presión 25 Golpes</b>			<b>Presión 56 Golpes</b>		
		Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo
(Mm)	(Pulg)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	448.6	22.84	326.35	551.8	28.10	401.48	713.7	36.35	519.23
1.27	0.050	821.7	41.85	597.83	1013.3	51.61	737.22	1133.3	57.72	824.56
1.91	0.075	1055.9	53.78	768.26	1285.3	65.46	935.17	1391.8	70.88	1012.62
2.54	<b>0.100</b>	<b>1265.2</b>	<b>64.44</b>	<b>920.54</b>	<b>1498.3</b>	<b>76.31</b>	<b>1090.09</b>	<b>1740.5</b>	<b>88.64</b>	<b>1266.30</b>
3.18	0.125	1529.9	77.92	1113.13	1780.6	90.69	1295.51	2069.2	105.39	1505.50
3.81	0.150	1784.4	90.88	1298.28	2070.2	105.44	1506.23	2356.1	120.00	1714.23
4.45	0.175	1983.7	101.03	1443.27	2289.5	116.60	1665.74	2670.0	135.98	1942.58
5.08	<b>0.200</b>	<b>2167.7</b>	<b>110.40</b>	<b>1577.12</b>	<b>2514.4</b>	<b>128.06</b>	<b>1829.37</b>	<b>2919.9</b>	<b>148.71</b>	<b>2124.44</b>
7.62	0.300	2881.0	146.73	2096.13	3377.6	172.02	2457.41	3993.6	203.39	2905.61
10.16	0.400	3512.6	178.90	2555.66	4126.7	210.17	3002.45	4981.4	253.70	3624.26
12.70	0.500	4111.5	209.40	2991.39	4887.2	248.90	3555.74			

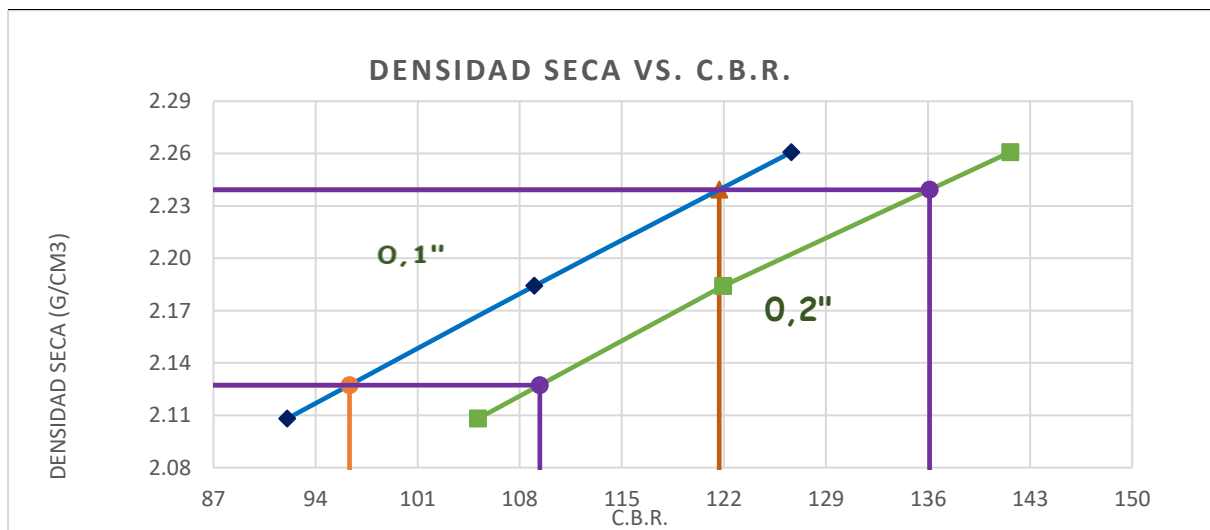


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	920.54	64.44	1000	92.05	2.108
Presión 25 Golpes	1090.09	76.31	1000	109.01	2.184
Presión 56 Golpes	1266.30	88.64	1000	126.63	2.261

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1577.12	110.40	1500	105.14	2.108
Presión 25 Golpes	1829.37	128.06	1500	121.96	2.184
Presión 56 Golpes	2124.44	148.71	1500	141.63	2.261

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>96.33%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>121.68%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>109.38%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>136.11%</b>



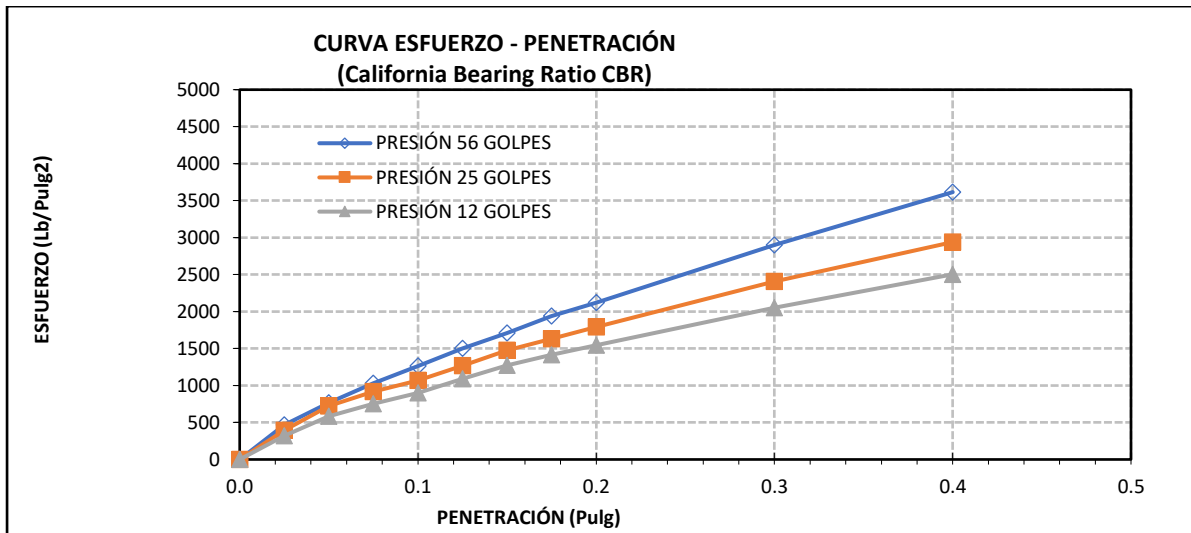
**Muestra:** C - 2

Compactación C B R

N° Golpes Por Capa	12	25	56			
Altura Molde (Mm)	116.590	117.420	117.600			
N° Capas	5	5	5			
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12922.0</b>	<b>12972.0</b>	<b>13035.0</b>	<b>13077.0</b>	<b>13196.0</b>	<b>13239.0</b>
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0
Peso De Muestra Húmeda (G)	4734.0	4784.0	4840.0	4882.0	4961.0	5004.0
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.237	2.260	2.291	2.311	2.354	2.374
Contenido De Humedad						
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>765.00</b>	<b>798.00</b>	<b>658.00</b>	<b>686.00</b>	<b>679.00</b>	<b>712.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>719.00</b>	<b>744.00</b>	<b>624.00</b>	<b>646.00</b>	<b>648.00</b>	<b>674.00</b>
Peso Agua (G)	46.00	54.00	34.00	40.00	31.00	38.00
Peso Tara (G)	<b>73.10</b>	<b>74.90</b>	<b>60.50</b>	<b>63.30</b>	<b>68.20</b>	<b>70.50</b>
Peso Muestra Seca (G)	645.90	669.10	563.50	582.70	579.80	603.50
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>7.12%</b>	<b>8.07%</b>	<b>6.03%</b>	<b>6.86%</b>	<b>5.35%</b>	<b>6.30%</b>
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.088</b>	<b>2.092</b>	<b>2.161</b>	<b>2.163</b>	<b>2.234</b>	<b>2.233</b>

Ensayo Carga - Penetración

Diámetro Del Pistón:		5		Cm		Área Del Pistón:		19.635		Cm2	
Penetración		Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes			
		Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo	
(Mm)	(Pulg)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	
0.64	0.025	231.2	11.78	168.24	284.3	14.48	206.87	393.1	20.02	285.97	
1.27	0.050	536.5	27.33	390.37	661.3	33.68	481.15	868.3	44.22	631.71	
1.91	0.075	861.9	43.89	627.06	1048.6	53.41	762.93	1286.8	65.54	936.23	
2.54	<b>0.100</b>	<b>1239.2</b>	<b>63.11</b>	<b>901.63</b>	<b>1466.8</b>	<b>74.70</b>	<b>1067.18</b>	<b>1735.8</b>	<b>88.40</b>	<b>1262.91</b>	
3.18	0.125	1498.5	76.32	1090.25	1743.2	88.78	1268.29	2063.7	105.10	1501.47	
3.81	0.150	1747.7	89.01	1271.60	2026.7	103.22	1474.58	2349.8	119.67	1709.64	
4.45	0.175	1942.9	98.95	1413.62	2241.4	114.15	1630.74	2662.8	135.62	1937.38	
5.08	<b>0.200</b>	<b>2123.1</b>	<b>108.13</b>	<b>1544.71</b>	<b>2461.5</b>	<b>125.36</b>	<b>1790.93</b>	<b>2912.1</b>	<b>148.31</b>	<b>2118.76</b>	
7.62	0.300	2821.8	143.71	2053.06	3306.6	168.40	2405.77	3982.9	202.85	2897.83	
10.16	0.400	3440.4	175.22	2503.14	4040.0	205.76	2939.36	4968.0	253.02	3614.56	
12.70	0.500	4027.0	205.09	2929.92	4784.5	243.67	3481.02				



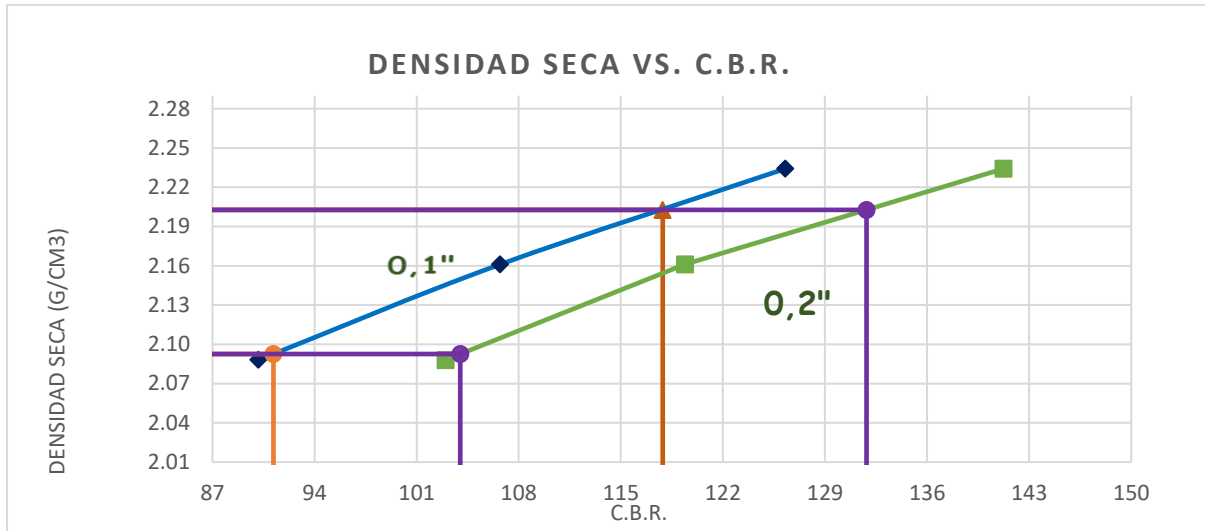
N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	901.63	63.11	1000	90.16	2.088
Presión 25 Golpes	1067.18	74.70	1000	106.72	2.161
Presión 56 Golpes	1262.91	88.40	1000	126.29	2.234

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1544.71	108.13	1500	102.98	2.088
Presión 25 Golpes	1790.93	125.36	1500	119.40	2.161
Presión 56 Golpes	2118.76	148.31	1500	141.25	2.234

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>91.18%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>117.87%</b>

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>103.99%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>131.85%</b>



**Muestra:** C - 3

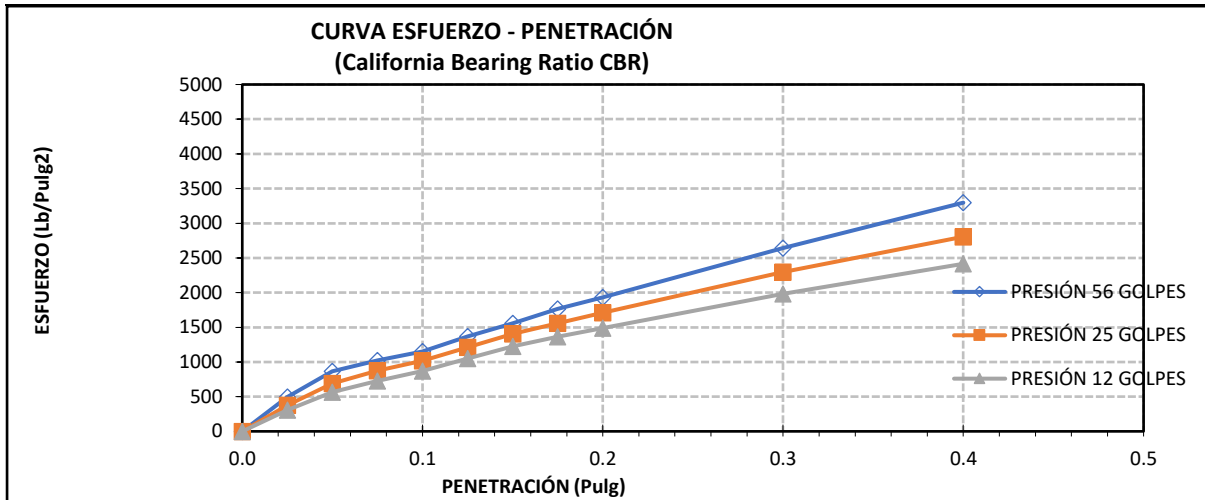
**Compactación C B R**

	12		25		56	
N° Golpes Por Capa	12		25		56	
Altura Molde (Mm)	116.590		117.420		117.600	
N° Capas	5		5		5	
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12832.0</b>	<b>12875.0</b>	<b>12986.0</b>	<b>13033.0</b>	<b>13133.0</b>	<b>13183.0</b>
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0
Peso De Muestra Húmeda (G)	4644.0	4687.0	4791.0	4838.0	4898.0	4948.0
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.194	2.215	2.268	2.290	2.324	2.347
Contenido De Humedad						
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>737.00</b>	<b>778.00</b>	<b>645.00</b>	<b>700.00</b>	<b>679.00</b>	<b>717.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>704.00</b>	<b>737.00</b>	<b>615.00</b>	<b>634.00</b>	<b>648.00</b>	<b>678.00</b>
Peso Agua (G)	33.00	41.00	30.00	66.00	31.00	39.00
Peso Tara (G)	73.10	74.90	60.50	63.30	68.20	70.50
Peso Muestra Seca (G)	630.90	662.10	554.50	570.70	579.80	607.50
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>5.23%</b>	<b>6.19%</b>	<b>5.41%</b>	<b>11.56%</b>	<b>5.35%</b>	<b>6.42%</b>
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.085</b>	<b>2.085</b>	<b>2.152</b>	<b>2.053</b>	<b>2.206</b>	<b>2.206</b>

**Ensayo Carga - Penetración**

Diámetro Del Pistón: 5 Cm					Área Del Pistón: 19.635 Cm2					
Penetración		Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes		
(Mm)	(Pulg)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	424.0	21.59	308.47	515.7	26.26	375.18	681.2	34.69	495.62
1.27	0.050	776.7	39.56	565.07	946.9	48.22	688.92	1188.0	60.50	864.34
1.91	0.075	998.1	50.83	726.16	1201.1	61.17	873.90	1408.5	71.74	1024.80
2.54	<b>0.100</b>	<b>1195.9</b>	<b>60.91</b>	<b>870.10</b>	<b>1400.1</b>	<b>71.31</b>	<b>1018.67</b>	<b>1583.3</b>	<b>80.64</b>	<b>1151.99</b>
3.18	0.125	1446.1	73.65	1052.13	1664.0	84.74	1210.64	1882.4	95.87	1369.60
3.81	0.150	1686.6	85.90	1227.14	1934.6	98.53	1407.55	2143.4	109.16	1559.48

4.45	0.175	1875.0	95.49	1364.19	2139.5	108.96	1556.61	2429.0	123.71	1767.23
5.08	<b>0.200</b>	<b>2048.9</b>	<b>104.35</b>	<b>1490.70</b>	<b>2349.6</b>	<b>119.67</b>	<b>1709.52</b>	<b>2656.4</b>	<b>135.29</b>	<b>1932.67</b>
7.62	0.300	2723.2	138.69	1981.27	3156.3	160.75	2296.41	3633.1	185.03	2643.32
10.16	0.400	3320.1	169.09	2415.62	3856.4	196.40	2805.75	4531.7	230.80	3297.10
12.70	0.500	3886.2	197.92	2827.48	4567.0	232.60	3322.79			



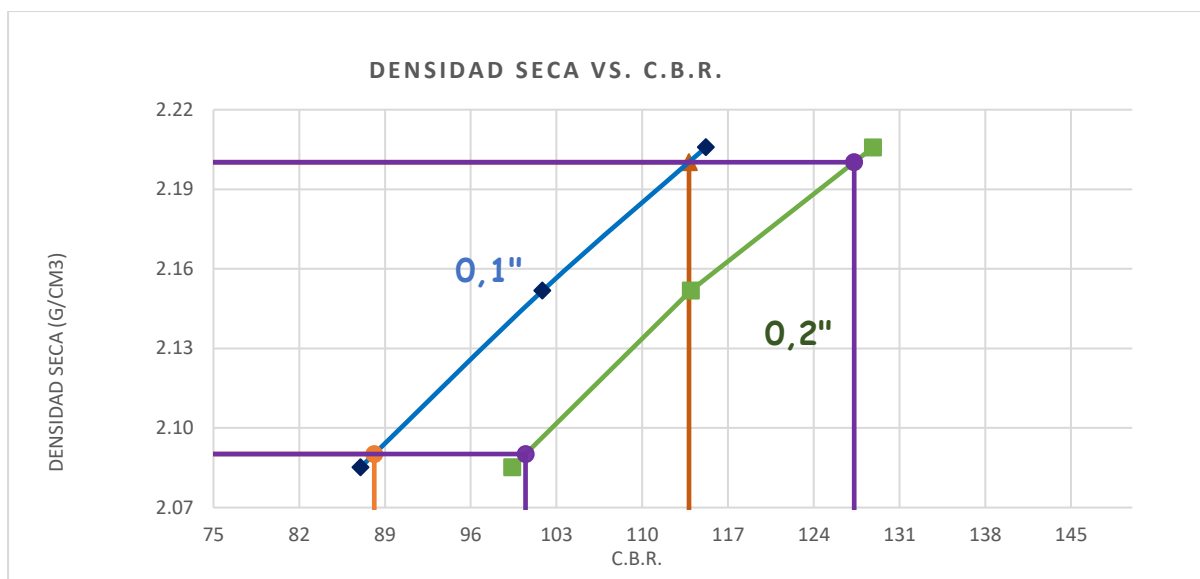
N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	870.10	60.91	1000	87.01	2.085
Presión 25 Golpes	1018.67	71.31	1000	101.87	2.152
Presión 56 Golpes	1151.99	80.64	1000	115.20	2.206

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1490.70	104.35	1500	99.38	2.085
Presión 25 Golpes	1709.52	119.67	1500	113.97	2.152
Presión 56 Golpes	1932.67	135.29	1500	128.84	2.206

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>88.13%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>113.82%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>100.48%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>127.3%</b>





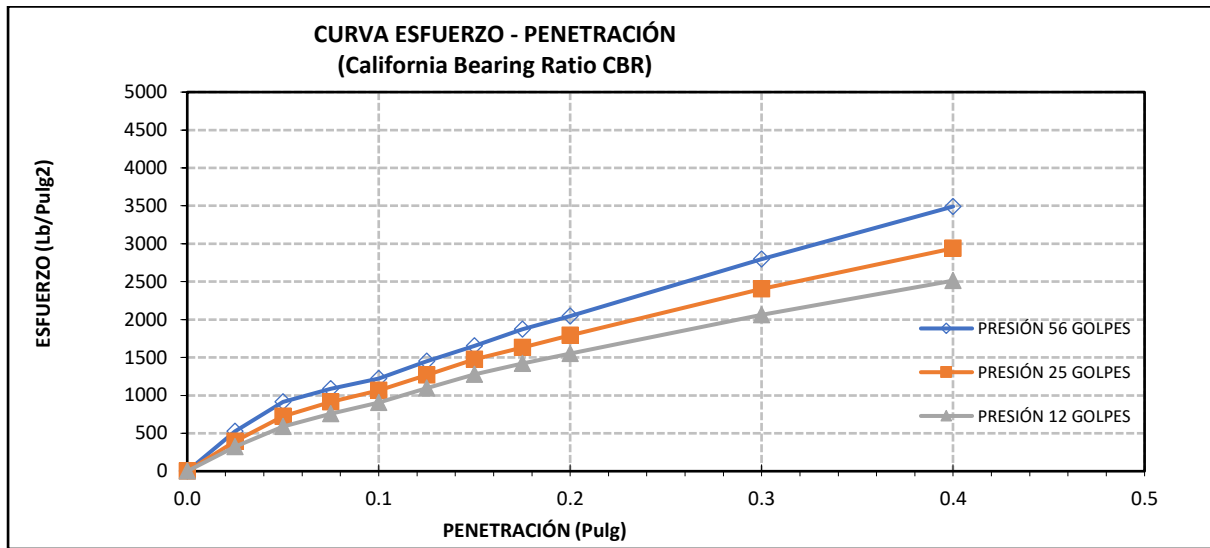
**Muestra:** C - 4

**Compactación C B R**

N° Golpes Por Capa	12	25	56			
Altura Molde (Mm)	116.590	117.420	117.600			
N° Capas	5	5	5			
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12924.0</b>	<b>12967.0</b>	<b>13067.0</b>	<b>13114.0</b>	<b>13286.0</b>	<b>13336.0</b>
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0
Peso De Muestra Húmeda (G)	4736.0	4779.0	4872.0	4919.0	5051.0	5101.0
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.238	2.258	2.307	2.329	2.396	2.420
Contenido De Humedad						
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>635.00</b>	<b>649.00</b>	<b>689.00</b>	<b>700.00</b>	<b>702.00</b>	<b>720.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>604.00</b>	<b>612.00</b>	<b>653.00</b>	<b>658.00</b>	<b>662.00</b>	<b>673.00</b>
Peso Agua (G)	31.00	37.00	36.00	42.00	40.00	47.00
Peso Tara (G)	73.10	74.90	60.50	63.30	68.20	70.50
Peso Muestra Seca (G)	530.90	537.10	592.50	594.70	593.80	602.50
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>5.84%</b>	<b>6.89%</b>	<b>6.08%</b>	<b>7.06%</b>	<b>6.74%</b>	<b>7.80%</b>
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.114</b>	<b>2.113</b>	<b>2.174</b>	<b>2.175</b>	<b>2.245</b>	<b>2.245</b>

**Ensayo Carga - Penetración**

Diámetro Del Pistón:		5			Cm			Área Del Pistón:			19.635		Cm2		
Penetración		Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes							
(Mm)	(Pulg)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)		
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00		
0.64	0.025	441.1	22.46	320.93	540.2	27.51	393.05	721.3	36.73	524.78					
1.27	0.050	808.0	41.15	587.89	992.0	50.52	721.73	1257.9	64.06	915.19					
1.91	0.075	1038.4	52.88	755.48	1258.3	64.09	915.52	1491.4	75.96	1085.09					
2.54	<b>0.100</b>	<b>1244.2</b>	<b>63.37</b>	<b>905.23</b>	<b>1466.8</b>	<b>74.70</b>	<b>1067.18</b>	<b>1676.5</b>	<b>85.38</b>	<b>1219.75</b>					
3.18	0.125	1504.5	76.62	1094.61	1743.2	88.78	1268.29	1993.2	101.51	1450.17					
3.81	0.150	1754.7	89.37	1276.68	2026.7	103.22	1474.58	2269.5	115.59	1651.22					
4.45	0.175	1950.7	99.35	1419.27	2241.4	114.15	1630.74	2571.8	130.98	1871.18					
5.08	<b>0.200</b>	<b>2131.6</b>	<b>108.56</b>	<b>1550.88</b>	<b>2461.5</b>	<b>125.36</b>	<b>1790.93</b>	<b>2812.6</b>	<b>143.24</b>	<b>2046.36</b>					
7.62	0.300	2833.1	144.29	2061.26	3306.6	168.40	2405.77	3846.8	195.92	2798.81					
10.16	0.400	3454.2	175.92	2513.15	4040.0	205.76	2939.36	4798.3	244.37	3491.05					
12.70	0.500	4043.1	205.91	2941.63	4784.5	243.67	3481.02								

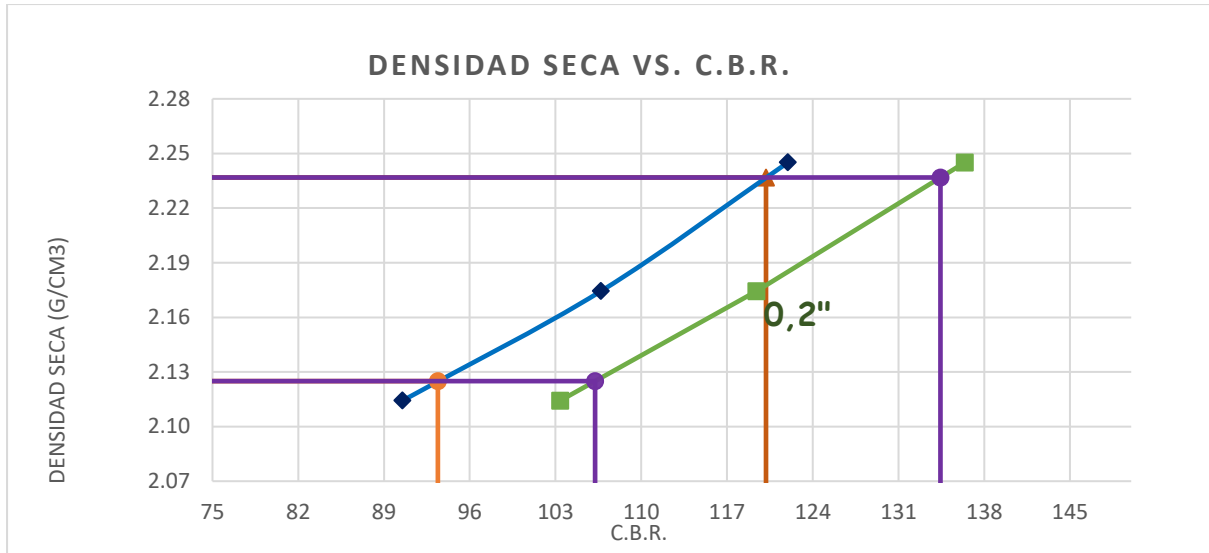


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	905.23	63.37	1000	90.52	2.114
Presión 25 Golpes	1067.18	74.70	1000	106.72	2.174
Presión 56 Golpes	1219.75	85.38	1000	121.98	2.245

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1550.88	108.56	1500	103.39	2.114
Presión 25 Golpes	1790.93	125.36	1500	119.40	2.174
Presión 56 Golpes	2046.36	143.24	1500	136.42	2.245

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>93.4%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>120.19%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>106.24%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>134.43%</b>

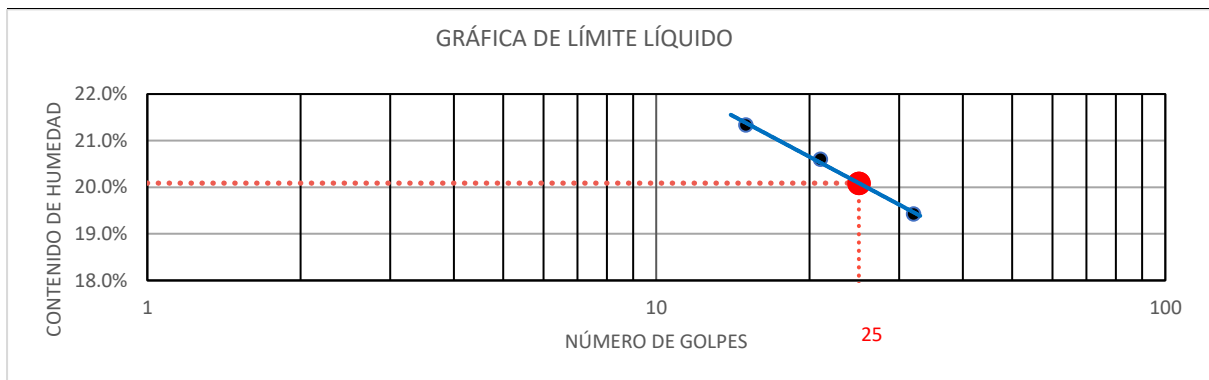


**Límites De Atterberg ASTM D4318 AASHTOT 89 material+1 bolsas/m3 (cemento)+0.40 lt/m3  
aceite sulfonado (proes)**

**Muestra:** C - 1

Límite Líquido				Límite Plástico		
Tara N°	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	Tara N°	<b>4</b>	<b>5</b>
M Tara (G)	<b>13.21</b>	<b>13.36</b>	<b>13.29</b>	M Tara (G)	<b>10.95</b>	<b>10.99</b>
Mt+ M. Húmeda (G)	<b>35.33</b>	<b>36.89</b>	<b>35.91</b>	Mt+ M. Húmeda (G)	<b>19.48</b>	<b>18.72</b>
Mt+ M. Seca (G)	<b>31.44</b>	<b>32.87</b>	<b>32.23</b>	Mt+ M. Seca (G)	<b>18.29</b>	<b>17.65</b>
M Agua (G)	3.89	4.02	3.68	M Agua (G)	1.19	1.07
M M. Seca (G)	18.23	19.51	18.94	M Muestra Seca (G)	7.34	6.66
W(%)	21.34%	20.60%	19.43%	W(%)	16.21%	16.07%
N. Golpes	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>32</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 16.00%</b>		

Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad
20.00%	16.00%	4.00%

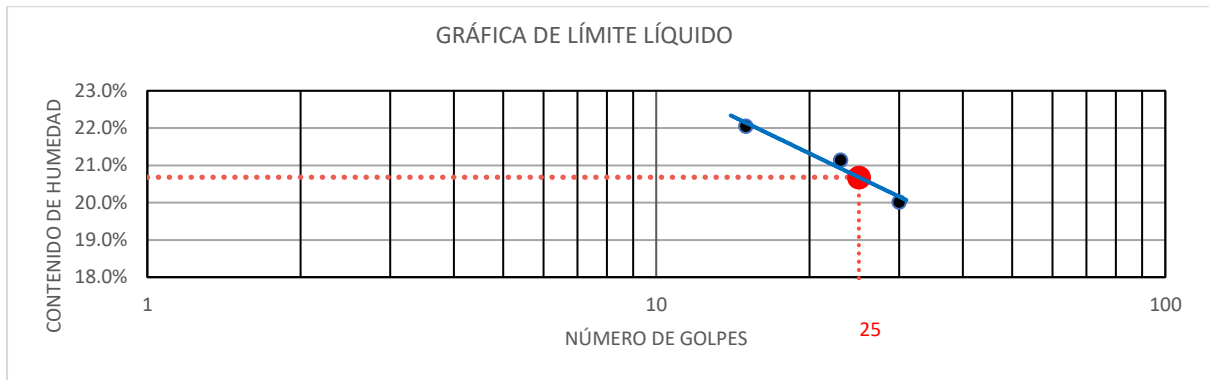


**Muestra:** C - 2

Límite Líquido				Límite Plástico	
Tara N°	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	Tara N°	<b>4</b>
					<b>5</b>

M Tara (G)	<b>13.02</b>	<b>13.21</b>	<b>13.10</b>	M Tara (G)	<b>11.13</b>	<b>11.23</b>
Mt+ M. Húmeda (G)	<b>34.99</b>	<b>35.44</b>	<b>34.98</b>	Mt+ M. Húmeda (G)	<b>19.65</b>	<b>18.68</b>
Mt+ M. Seca (G)	<b>31.02</b>	<b>31.56</b>	<b>31.33</b>	Mt+ M. Seca (G)	<b>18.36</b>	<b>17.64</b>
M Agua (G)	3.97	3.88	3.65	M Agua (G)	1.29	1.04
M M. Seca (G)	18.00	18.35	18.23	M. Muestra Seca (G)	7.23	6.41
W(%)	22.06%	21.14%	20.02%	W(%)	17.84%	16.22%
N. Golpes	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>30</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 17.00%</b>		

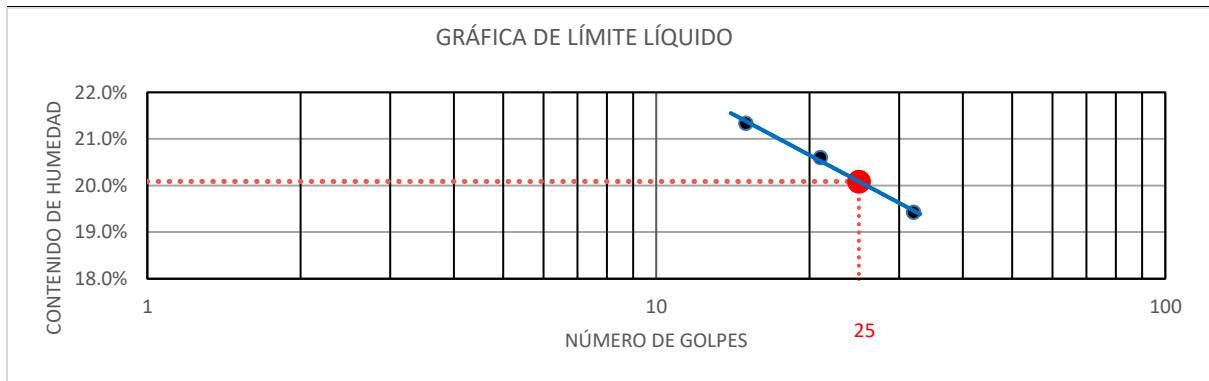
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad
21.00%	17.00%	4.00%



**Muestra:** C - 3

Límite Líquido			Límite Plástico			
Tara Nº	1	2	3	Tara Nº	4	5
M Tara (G)	<b>13.21</b>	<b>13.36</b>	<b>13.29</b>	M Tara (G)	<b>10.95</b>	<b>10.99</b>
Mt+ M. Húmeda (G)	<b>35.33</b>	<b>36.89</b>	<b>35.91</b>	Mt+ M. Húmeda (G)	<b>19.48</b>	<b>18.72</b>
Mt+ M. Seca (G)	<b>31.44</b>	<b>32.87</b>	<b>32.23</b>	Mt+ M. Seca (G)	<b>18.29</b>	<b>17.65</b>
M Agua (G)	3.89	4.02	3.68	M Agua (G)	1.19	1.07
M M. Seca (G)	18.23	19.51	18.94	M. Muestra Seca (G)	7.34	6.66
W(%)	21.34%	20.60%	19.43%	W(%)	16.21%	16.07%
N. Golpes	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>32</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 16.00%</b>		

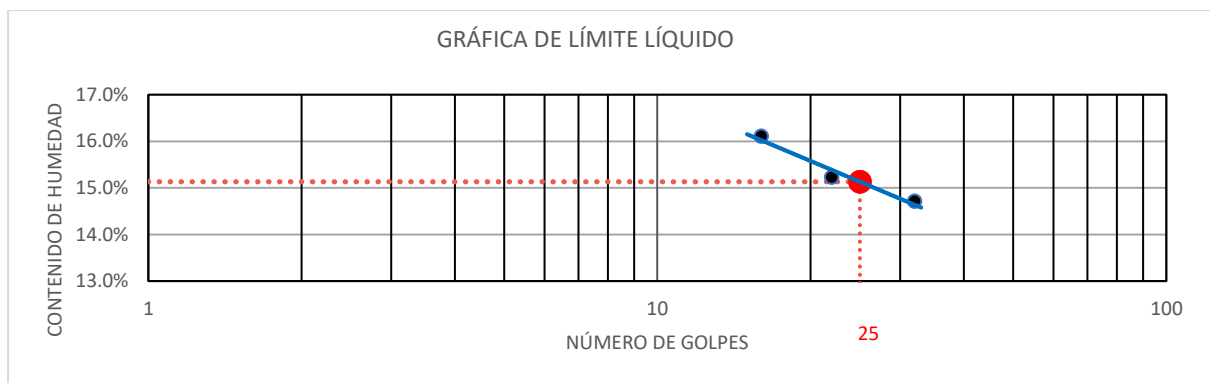
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad
20.00%	16.00%	4.00%



**Muestra:** C - 4

Límite Líquido				Límite Plástico		
Tara Nº	1	2	3	Tara Nº	4	5
M Tara (G)	13.21	13.36	13.29	M Tara (G)	10.95	10.99
Mt+ M. Húmeda (G)	<b>40.31</b>	<b>41.89</b>	<b>39.80</b>	<b>Mt+ M. Húmeda (G)</b>	<b>21.30</b>	<b>22.45</b>
Mt+ M. Seca (G)	<b>36.55</b>	<b>38.12</b>	<b>36.40</b>	Mt+ M. Seca (G)	<b>20.40</b>	<b>21.35</b>
M Agua (G)	3.76	3.77	3.40	M Agua (G)	0.90	1.10
M M. Seca (G)	23.34	24.76	23.11	M. Muestra Seca (G)	9.45	10.36
W(%)	16.11%	15.23%	14.71%	W(%)	9.52%	10.62%
N. Golpes	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>Contenido De Humedad Promedio: 10.00%</b>		

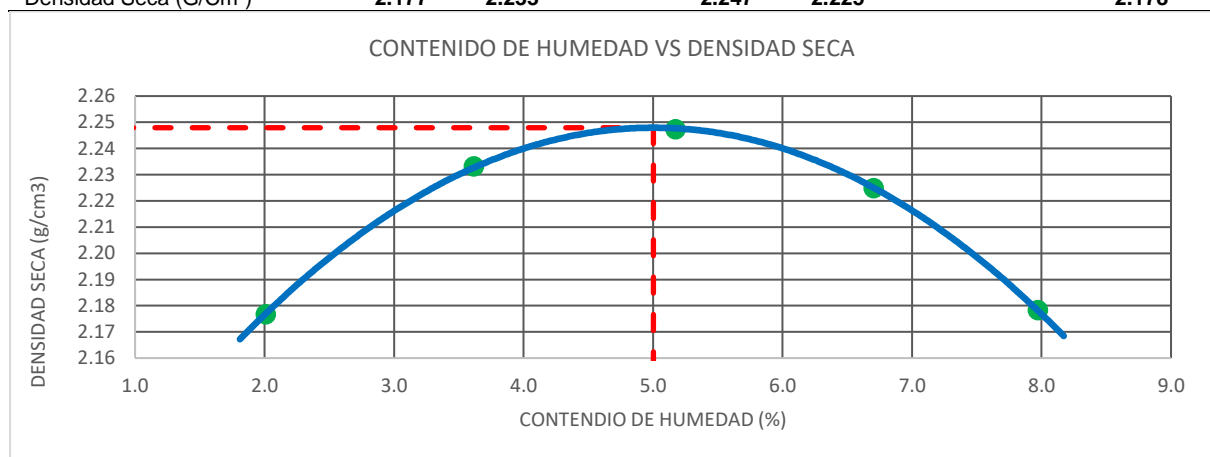
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad
15.00%	10.00%	5.00%



**Proctor Modificado ASTM D1557 AASHTOT 180 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.40 lt/m3  
aceite sulfonado (proes)**

**Muestra:** C - 1

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	7968.00	8167.00	8273.00	8295.00	8248.00
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4732.00	4931.00	5037.00	5059.00	5012.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.221</b>	<b>2.314</b>	<b>2.364</b>	<b>2.374</b>	<b>2.352</b>
Contenido De Humedad					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>587.00</b>	<b>622.00</b>	<b>565.00</b>	<b>619.00</b>	<b>594.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>577.00</b>	<b>603.00</b>	<b>541.00</b>	<b>585.00</b>	<b>556.00</b>
Peso Agua (G)	10.00	19.00	24.00	34.00	38.00
Peso Tara (G)	<b>79.40</b>	<b>77.50</b>	<b>77.10</b>	<b>77.90</b>	<b>79.30</b>
Peso Muestra Seca (G)	497.60	525.50	463.90	507.10	476.70
Contenido De Humedad (%)	<b>2.01</b>	<b>3.62</b>	<b>5.17</b>	<b>6.70</b>	<b>7.97</b>
Densidad Seca (G/Cm³)	<b>2.177</b>	<b>2.233</b>	<b>2.247</b>	<b>2.225</b>	<b>2.178</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

Cont. De Humedad Óptimo (%) :

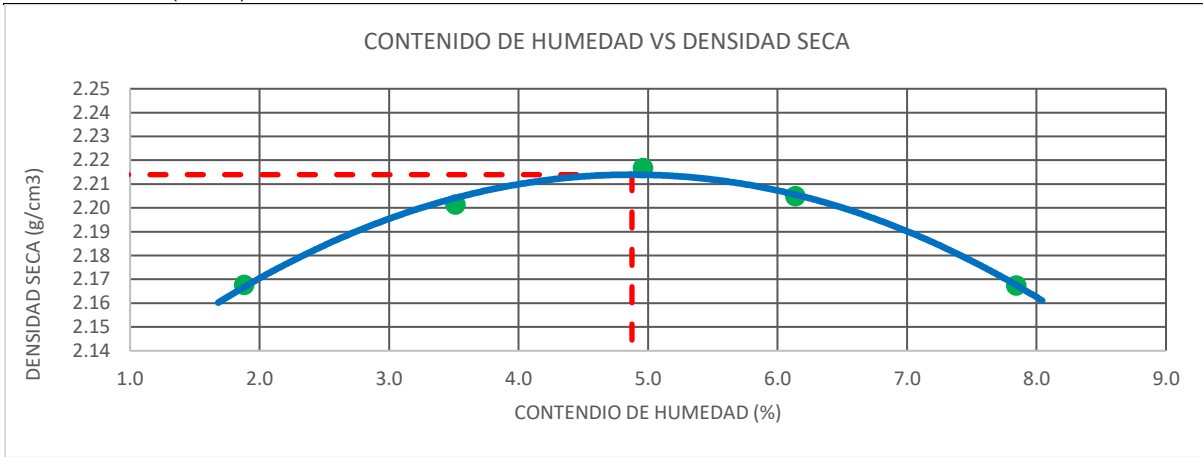
**2.248**

**5.00**

**Muestra:** C - 2

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>7942.00</b>	<b>8092.00</b>	<b>8194.00</b>	<b>8223.00</b>	<b>8217.00</b>
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4706.00	4856.00	4958.00	4987.00	4981.00
Volumen Del Molde (Cm³)	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm³)	<b>2.208</b>	<b>2.279</b>	<b>2.327</b>	<b>2.340</b>	<b>2.337</b>
Contenido De Humedad					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>567.00</b>	<b>608.00</b>	<b>606.00</b>	<b>614.00</b>	<b>588.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>558.00</b>	<b>590.00</b>	<b>581.00</b>	<b>583.00</b>	<b>551.00</b>
Peso Agua (G)	9.00	18.00	25.00	31.00	37.00
Peso Tara (G)	<b>79.40</b>	<b>77.50</b>	<b>77.10</b>	<b>77.90</b>	<b>79.30</b>
Peso Muestra Seca (G)	478.60	512.50	503.90	505.10	471.70
Contenido De Humedad (%)	<b>1.88</b>	<b>3.51</b>	<b>4.96</b>	<b>6.14</b>	<b>7.84</b>

Densidad Seca (G/Cm<sup>3</sup>)      **2.168**    **2.201**      **2.217**    **2.205**      **2.167**

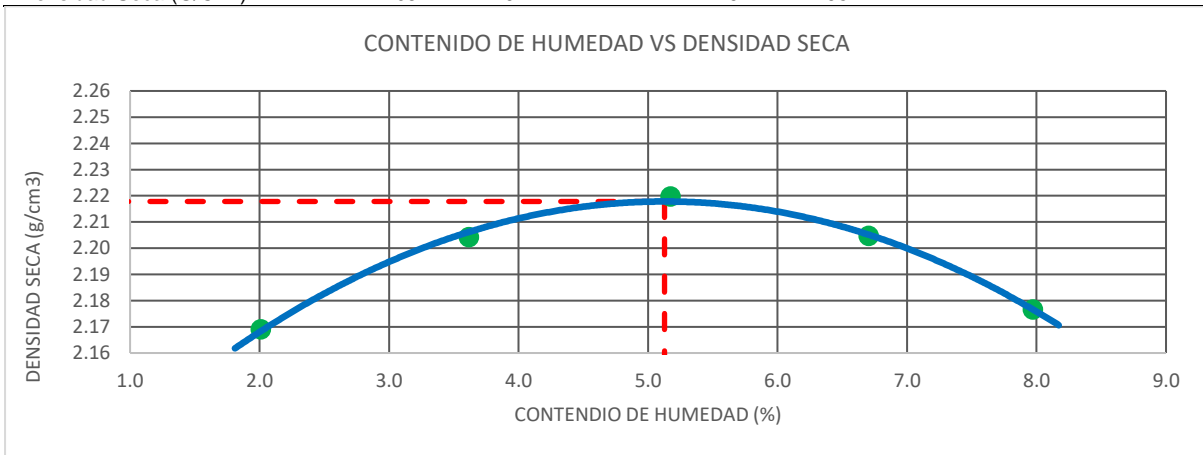


Densidad Seca Máxima (G/Cm<sup>3</sup>) :                      Cont. De Humedad Óptimo (%) :

**2.214**    **4.88**

**Muestra:**      C - 3

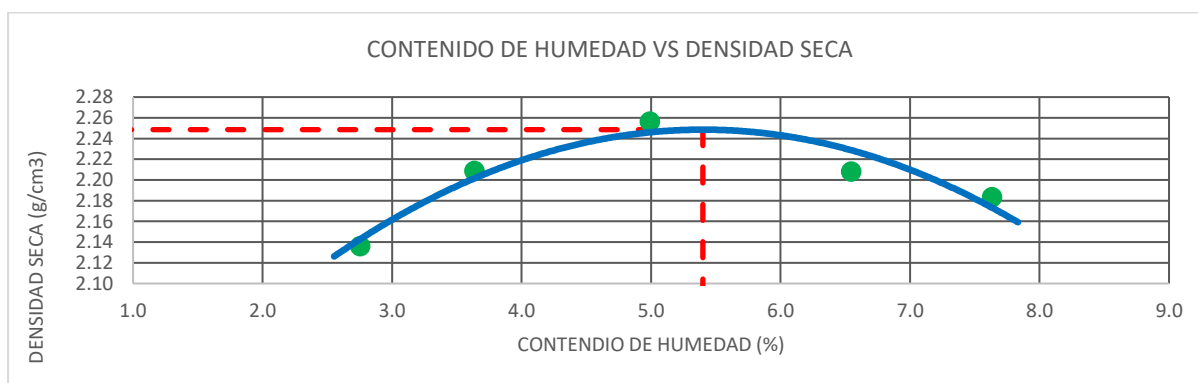
Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) :	110	Diámetro Molde (Cm) :	15.24
Densidad Húmeda					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
N° De Capas	5	5	5	5	5
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>7951.00</b>	<b>8103.00</b>	<b>8211.00</b>	<b>8249.00</b>	<b>8244.00</b>
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00
Peso Húmedo (G)	4715.00	4867.00	4975.00	5013.00	5008.00
Volumen Del Molde (Cm <sup>3</sup> )	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00
Densidad Húmeda (G/Cm <sup>3</sup> )	<b>2.213</b>	<b>2.284</b>	<b>2.335</b>	<b>2.352</b>	<b>2.350</b>
Contenido De Humedad					
Ensayo	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>587.00</b>	<b>622.00</b>	<b>565.00</b>	<b>619.00</b>	<b>594.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>577.00</b>	<b>603.00</b>	<b>541.00</b>	<b>585.00</b>	<b>556.00</b>
Peso Agua (G)	10.00	19.00	24.00	34.00	38.00
Peso Tara (G)	<b>79.40</b>	<b>77.50</b>	<b>77.10</b>	<b>77.90</b>	<b>79.30</b>
Peso Muestra Seca (G)	497.60	525.50	463.90	507.10	476.70
Contenido De Humedad (%)	<b>2.01</b>	<b>3.62</b>	<b>5.17</b>	<b>6.70</b>	<b>7.97</b>
Densidad Seca (G/Cm <sup>3</sup> )	<b>2.169</b>	<b>2.204</b>	<b>2.220</b>	<b>2.205</b>	<b>2.177</b>



Densidad Seca Máxima (G/Cm<sup>3</sup>) :                      Cont. De Humedad Óptimo (%) :

Muestra: C - 4

Método De Ensayo	"C"	T. Estufa (°C) : 110			Diámetro Molde (Cm) : 15.24	
Densidad Húmeda						
Ensayo	1	2	3	4	5	
N° De Capas	5	5	5	5	5	
N° De Golpes Por Capa	56	56	56	56	56	
Peso Húmedo+ Molde (G)	<b>7913.00</b>	<b>8114.00</b>	<b>8284.00</b>	<b>8249.00</b>	<b>8244.00</b>	
Peso Molde (G)	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	3236.00	
Peso Húmedo (G)	4677.00	4878.00	5048.00	5013.00	5008.00	
Volumen Del Molde (Cm <sup>3</sup> )	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	2131.00	
Densidad Húmeda (G/Cm <sup>3</sup> )	<b>2.195</b>	<b>2.289</b>	<b>2.369</b>	<b>2.352</b>	<b>2.350</b>	
Contenido De Humedad						
Ensayo	1	2	3	4	5	
Peso Húmedo + Tara (G)	<b>602.00</b>	<b>619.00</b>	<b>561.00</b>	<b>615.00</b>	<b>601.00</b>	
Peso Seco + Tara (G)	<b>588.00</b>	<b>600.00</b>	<b>538.00</b>	<b>582.00</b>	<b>564.00</b>	
Peso Agua (G)	14.00	19.00	23.00	33.00	37.00	
Peso Tara (G)	<b>79.40</b>	<b>77.50</b>	<b>77.10</b>	<b>77.90</b>	<b>79.30</b>	
Peso Muestra Seca (G)	508.60	522.50	460.90	504.10	484.70	
Contenido De Humedad (%)	<b>2.75</b>	<b>3.64</b>	<b>4.99</b>	<b>6.55</b>	<b>7.63</b>	
Densidad Seca (G/Cm <sup>3</sup> )	<b>2.136</b>	<b>2.209</b>	<b>2.256</b>	<b>2.208</b>	<b>2.183</b>	



Densidad Seca Máxima (G/Cm3) :

Cont. De Humedad Óptimo (%) :

2.249

5.40

**Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 AASHTOT 193 material +1 bolsas/m3 (cemento)+0.40 lt/m3 aceite sulfonado (proes)**

Muestra: C - 1

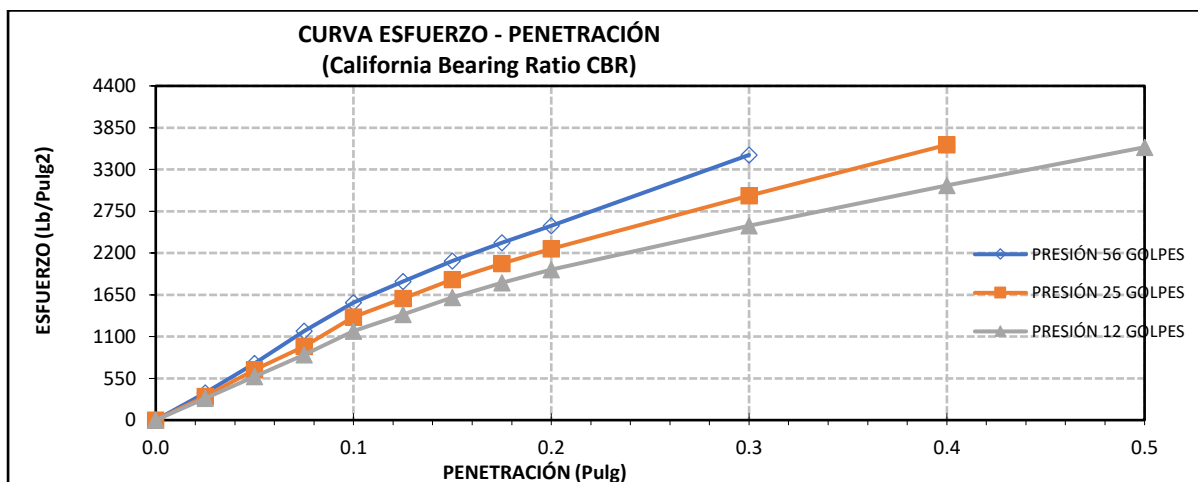
Compactación C B R							
N° Golpes Por Capa	12		25		56		
Altura Molde (Mm)	116.590		117.420		117.600		
N° Capas	5		5		5		
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12895.0</b>	<b>12948.0</b>	<b>13064.0</b>	<b>13121.0</b>	<b>13255.0</b>	<b>13308.0</b>	
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0	
Peso De Muestra Húmeda (G)	4707.0	4760.0	4869.0	4926.0	5020.0	5073.0	
Volumen Del Molde (Cm <sup>3</sup> )	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82	
Densidad Húmeda (G/Cm <sup>3</sup> )	2.224	2.249	2.305	2.332	2.382	2.407	
Contenido De Humedad							



Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	664.00	720.00	759.00	809.00	718.00	764.00
Peso Seco + Tara (G)	636.00	683.00	726.00	766.00	687.00	724.00
Peso Agua (G)	28.00	37.00	33.00	43.00	31.00	40.00
Peso Tara (G)	69.10	71.50	82.40	81.80	74.70	72.90
Peso Muestra Seca (G)	566.90	611.50	643.60	684.20	612.30	651.10
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>4.94%</b>	<b>6.05%</b>	<b>5.13%</b>	<b>6.28%</b>	<b>5.06%</b>	<b>6.14%</b>
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.119</b>	<b>2.121</b>	<b>2.193</b>	<b>2.194</b>	<b>2.267</b>	<b>2.267</b>

#### Ensayo Carga - Penetración

Diámetro Del Pistón:		5 Cm			Área Del Pistón:			19.635 Cm2		
Penetración		Presión 12 Golpes			Presión 25 Golpes			Presión 56 Golpes		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
(Mm)	(Pulg)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	(Kg)	(Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	391.9	19.96	285.13	427.6	21.78	311.10	491.6	25.04	357.70
1.27	0.050	789.0	40.18	574.06	909.5	46.32	661.73	1025.8	52.24	746.32
1.91	0.075	1179.6	60.08	858.24	1332.1	67.84	969.17	1612.8	82.14	1173.42
2.54	<b>0.100</b>	<b>1611.9</b>	<b>82.09</b>	<b>1172.75</b>	<b>1863.3</b>	<b>94.90</b>	<b>1355.67</b>	<b>2125.3</b>	<b>108.24</b>	<b>1546.27</b>
3.18	0.125	1910.0	97.28	1389.67	2204.4	112.27	1603.82	2509.4	127.80	1825.74
3.81	0.150	2221.2	113.13	1616.08	2544.4	129.59	1851.24	2877.0	146.53	2093.23
4.45	0.175	2484.2	126.52	1807.43	2832.2	144.24	2060.59	3208.3	163.40	2334.23
5.08	<b>0.200</b>	<b>2723.8</b>	<b>138.72</b>	<b>1981.73</b>	<b>3099.8</b>	<b>157.87</b>	<b>2255.30</b>	<b>3514.4</b>	<b>178.98</b>	<b>2556.92</b>
7.62	0.300	3514.1	178.97	2556.74	4059.6	206.75	2953.63	4798.5	244.39	3491.25
10.16	0.400	4245.8	216.24	3089.11	4981.2	253.69	3624.15			
12.70	0.500	4938.5	251.52	3593.07						

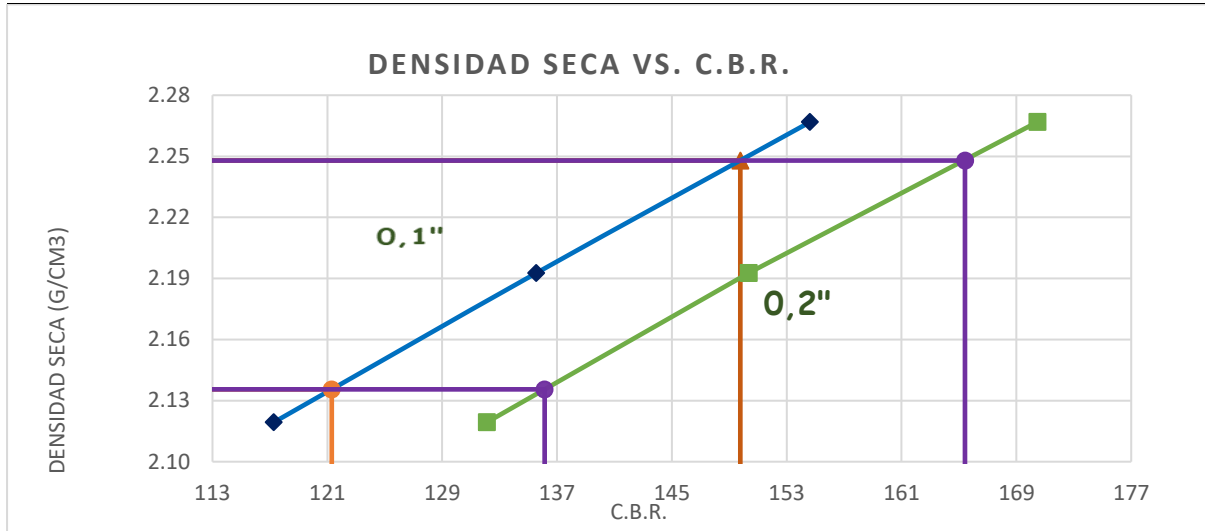


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1172.75	82.09	1000	117.27	2.119
Presión 25 Golpes	1355.67	94.90	1000	135.57	2.193
Presión 56 Golpes	1546.27	108.24	1000	154.63	2.267

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1981.73	138.72	1500	132.12	2.119
Presión 25 Golpes	2255.30	157.87	1500	150.35	2.193
Presión 56 Golpes	2556.92	178.98	1500	170.46	2.267

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>121.31%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>149.77%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>136.14%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>165.42%</b>



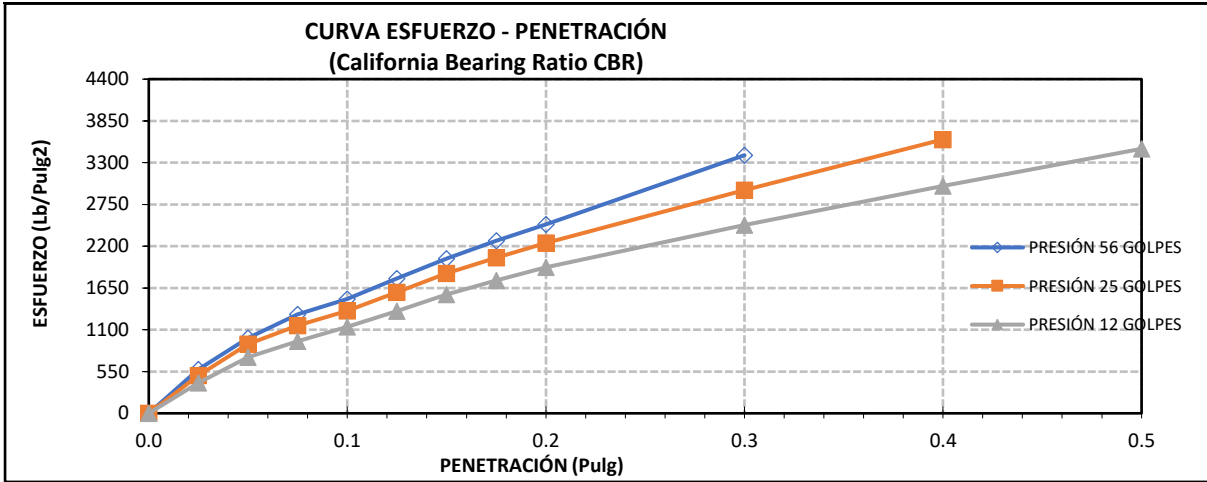
**compactación CBR**

	12		25		56	
n° golpes por capa	12		25		56	
altura molde (mm)	116.590		117.420		117.600	
n° capas	5		5		5	
condición de muestra (antes y después de saturar)	antes	después	antes	después	antes	después
peso molde + muestra húmeda (g)	<b>12809.0</b>	<b>12948.0</b>	<b>13013.0</b>	<b>13121.0</b>	<b>13189.0</b>	<b>13308.0</b>
peso molde (g)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0
peso de muestra húmeda (g)	4621.0	4760.0	4818.0	4926.0	4954.0	5073.0
volumen del molde (cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82
densidad húmeda (g/cm3)	2.183	2.249	2.281	2.332	2.350	2.407
<b>contenido de humedad</b>						
tara n°	1-a	1-b	2-a	2-b	3-a	3-b
peso muestra húmeda + tara (g)	<b>664.00</b>	<b>720.00</b>	<b>759.00</b>	<b>809.00</b>	<b>718.00</b>	<b>764.00</b>
peso seco + tara (g)	<b>636.00</b>	<b>683.00</b>	<b>726.00</b>	<b>766.00</b>	<b>687.00</b>	<b>724.00</b>
peso agua (g)	28.00	37.00	33.00	43.00	31.00	40.00
peso tara (g)	69.10	71.50	82.40	81.80	74.70	72.90
peso muestra seca (g)	566.90	611.50	643.60	684.20	612.30	651.10
contenido de humedad promedio (%)	<b>4.94%</b>	<b>6.05%</b>	<b>5.13%</b>	<b>6.28%</b>	<b>5.06%</b>	<b>6.14%</b>
densidad seca (g/cm3)	<b>2.081</b>	<b>2.121</b>	<b>2.170</b>	<b>2.194</b>	<b>2.237</b>	<b>2.267</b>

**ensayo carga - penetración**

diámetro del pistón:		5		cm		área del pistón:		19.635		cm2	
penetración		presión 12 golpes			presión 25 golpes			presión 56 golpes			
(mm)	(pulg)	carga (kg)	esfuerzo (kg/cm2)	esfuerzo (lb/pulg2)	carga (kg)	esfuerzo (kg/cm2)	esfuerzo (lb/pulg2)	carga (kg)	esfuerzo (kg/cm2)	esfuerzo (lb/pulg2)	
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	
0.64	0.025	553.9	28.21	402.99	682.8	34.77	496.77	793.8	40.43	577.53	
1.27	0.050	1014.6	51.68	738.22	1253.8	63.85	912.19	1362.2	69.38	991.10	
1.91	0.075	1303.9	66.41	948.67	1590.4	81.00	1157.11	1789.6	91.14	1302.06	
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>1562.4</b>	<b>79.57</b>	<b>1136.72</b>	<b>1853.9</b>	<b>94.42</b>	<b>1348.80</b>	<b>2068.6</b>	<b>105.36</b>	<b>1505.07</b>	
3.18	0.125	1851.4	94.29	1346.98	2193.2	111.70	1595.69	2442.5	124.40	1777.10	

3.81	0.150	2153.0	109.65	1566.43	2531.5	128.93	1841.85	2800.4	142.62	2037.47
4.45	0.175	2407.9	122.63	1751.90	2817.8	143.51	2050.14	3122.8	159.04	2272.04
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>2640.1</b>	<b>134.46</b>	<b>1920.85</b>	<b>3084.1</b>	<b>157.07</b>	<b>2243.87</b>	<b>3420.7</b>	<b>174.22</b>	<b>2488.81</b>
7.62	0.300	3406.1	173.47	2478.19	4039.0	205.71	2938.66	4670.7	237.88	3398.24
10.16	0.400	4115.4	209.59	2994.21	4956.0	252.40	3605.78			
12.70	0.500	4786.8	243.79	3482.69						

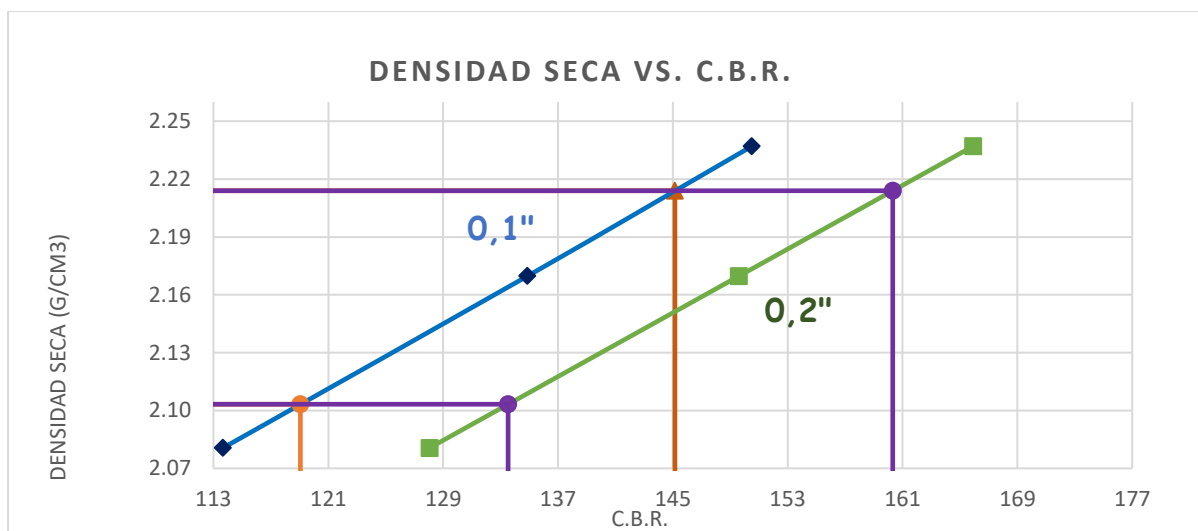


N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1136.72	79.57	1000	113.67	2.081
Presión 25 Golpes	1348.80	94.42	1000	134.88	2.170
Presión 56 Golpes	1505.07	105.36	1000	150.51	2.237

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1920.85	134.46	1500	128.06	2.081
Presión 25 Golpes	2243.87	157.07	1500	149.59	2.170
Presión 56 Golpes	2488.81	174.22	1500	165.92	2.237

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>119.06%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>145.15%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>133.52%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>160.32%</b>



**Muestra:** C - 3

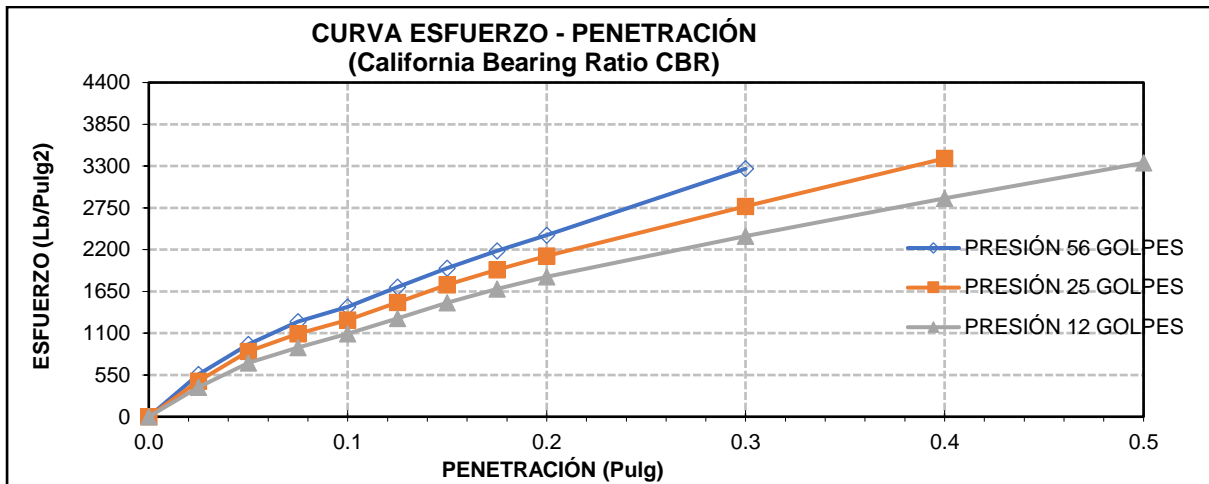
#### Compactación C B R

N° Golpes Por Capa	12	25	56			
Altura Molde (Mm)	116.590	117.420	117.600			
N° Capas	5	5	5			
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12848.0</b>	<b>12904.0</b>	<b>13038.0</b>	<b>13088.0</b>	<b>13189.0</b>	<b>13236.0</b>
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0
Peso De Muestra Húmeda (G)	4660.0	4716.0	4843.0	4893.0	4954.0	5001.0
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.202	2.228	2.293	2.316	2.350	2.373
Contenido De Humedad						
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	<b>664.00</b>	<b>705.00</b>	<b>759.00</b>	<b>794.00</b>	<b>718.00</b>	<b>745.00</b>
Peso Seco + Tara (G)	<b>636.00</b>	<b>668.00</b>	<b>726.00</b>	<b>752.00</b>	<b>687.00</b>	<b>706.00</b>
Peso Agua (G)	28.00	37.00	33.00	42.00	31.00	39.00
Peso Tara (G)	69.10	71.50	82.40	81.80	74.70	72.90
Peso Muestra Seca (G)	566.90	596.50	643.60	670.20	612.30	633.10
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>4.94%</b>	<b>6.20%</b>	<b>5.13%</b>	<b>6.27%</b>	<b>5.06%</b>	<b>6.16%</b>
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.098</b>	<b>2.098</b>	<b>2.181</b>	<b>2.180</b>	<b>2.237</b>	<b>2.235</b>

#### Ensayo Carga - Penetración

Diámetro Del Pistón:		5		Cm		Área Del Pistón:		19.635		Cm2	
Penetración		Presión 12 Golpes		Presión 25 Golpes		Presión 56 Golpes					
(Mm)	(Pulg)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/Cm2)	(Lb/Pulg2)	
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	
0.64	0.025	531.5	27.07	386.71	643.9	32.79	468.48	762.7	38.85	554.95	
1.27	0.050	973.6	49.59	708.39	1182.4	60.22	860.24	1309.0	66.66	952.35	
1.91	0.075	1251.2	63.72	910.33	1499.8	76.39	1091.22	1719.6	87.58	1251.15	
2.54	<b>0.100</b>	<b>1499.2</b>	<b>76.35</b>	<b>1090.78</b>	<b>1748.3</b>	<b>89.04</b>	<b>1271.99</b>	<b>1987.8</b>	<b>101.24</b>	<b>1446.23</b>	
3.18	0.125	1776.5	90.48	1292.55	2068.3	105.34	1504.83	2347.0	119.53	1707.62	
3.81	0.150	2066.0	105.22	1503.13	2387.4	121.59	1736.97	2690.9	137.05	1957.80	
4.45	0.175	2310.6	117.68	1681.10	2657.4	135.34	1933.40	3000.7	152.82	2183.21	

5.08	0.200	2533.4	129.03	1843.22	2908.5	148.13	2116.10	3287.0	167.40	2391.50
7.62	0.300	3268.5	166.46	2378.04	3809.0	193.99	2771.33	4488.1	228.58	3265.37
10.16	0.400	3949.1	201.12	2873.21	4673.7	238.03	3400.45			
12.70	0.500	4593.3	233.94	3341.94						

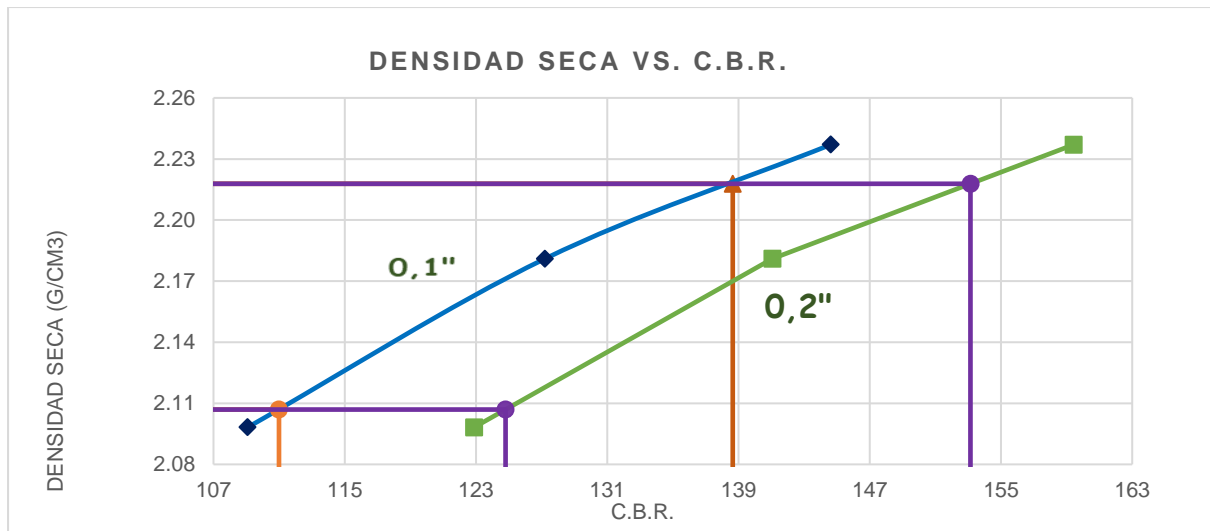


N° de ensayo	presión aplicada - 0.1" (lb/pulg2)	presión aplicada - 0.1" (kg/cm2)	presión patrón (lb/pulg2)	C.B.R. (%)	densidad seca (g/cm3)
presión 12 golpes	1090.78	76.35	1000	109.08	2.098
presión 25 golpes	1271.99	89.04	1000	127.20	2.181
presión 56 golpes	1446.23	101.24	1000	144.62	2.237

N° de ensayo	presión aplicada - 0.2" (lb/pulg2)	presión aplicada - 0.2" (kg/cm2)	presión patrón (lb/pulg2)	C.B.R. (%)	densidad seca (g/cm3)
presión 12 golpes	1843.22	129.03	1500	122.88	2.098
presión 25 golpes	2116.10	148.13	1500	141.07	2.181
presión 56 golpes	2391.50	167.40	1500	159.43	2.237

**valor relativo de soporte C.B.R**

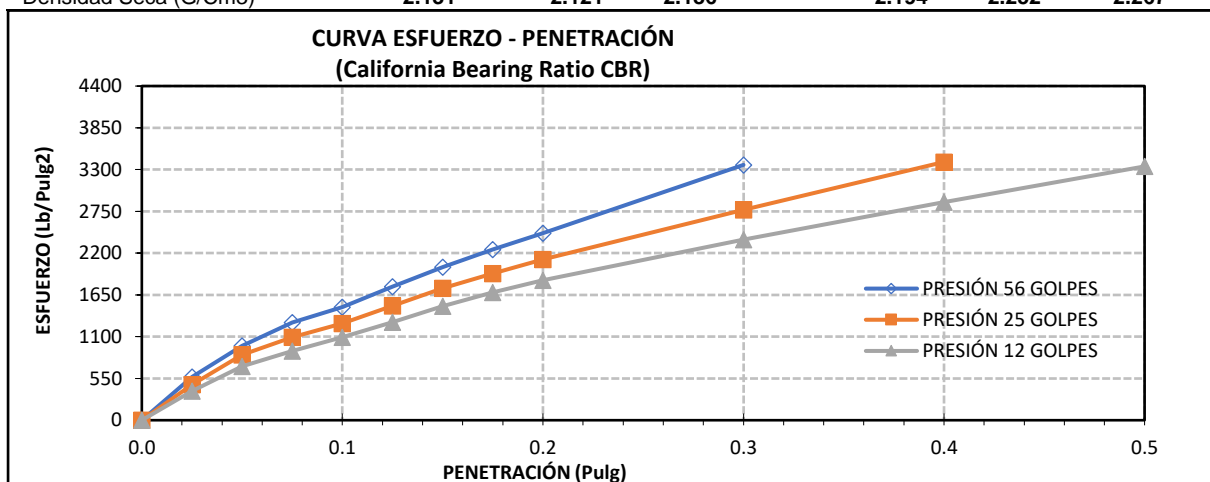
C.B.R para el 95% de la densidad seca máxima (0,1")=	110.99%
C.B.R para el 100 % de la densidad seca máxima. (0,1")=	138.65%
C.B.R. para el 95% de la densidad seca máxima (0,2")=	124.8%
C.B.R para el 100 % de la densidad seca máxima. (0,2")=	153.14%



**Muestra:** C - 4

**Compactación C B R**

N° Golpes Por Capa	12	25	56			
Altura Molde (Mm)	116.590	117.420	117.600			
N° Capas	5	5	5			
Condición De Muestra (Antes Y Después De Saturar)	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Peso Molde + Muestra Húmeda (G)	<b>12921.0</b>	<b>12948.0</b>	<b>13049.0</b>	<b>13121.0</b>	<b>13223.0</b>	<b>13308.0</b>
Peso Molde (G)	8188.0	8188.0	8195.0	8195.0	8235.0	8235.0
Peso De Muestra Húmeda (G)	4733.0	4760.0	4854.0	4926.0	4988.0	5073.0
Volumen Del Molde (Cm3)	2116.44	2116.44	2112.26	2112.26	2107.82	2107.82
Densidad Húmeda (G/Cm3)	2.236	2.249	2.298	2.332	2.366	2.407
Contenido De Humedad						
Tara N°	1-A	1-B	2-A	2-B	3-A	3-B
Peso Muestra Húmeda + Tara (G)	664.00	720.00	759.00	809.00	718.00	764.00
Peso Seco + Tara (G)	636.00	683.00	726.00	766.00	687.00	724.00
Peso Agua (G)	28.00	37.00	33.00	43.00	31.00	40.00
Peso Tara (G)	69.10	71.50	82.40	81.80	74.70	72.90
Peso Muestra Seca (G)	566.90	611.50	643.60	684.20	612.30	651.10
Contenido De Humedad Promedio (%)	<b>4.94%</b>	<b>6.05%</b>	<b>5.13%</b>	<b>6.28%</b>	<b>5.06%</b>	<b>6.14%</b>
Densidad Seca (G/Cm3)	<b>2.131</b>	<b>2.121</b>	<b>2.186</b>	<b>2.194</b>	<b>2.252</b>	<b>2.267</b>



**Ensayo Carga - Penetración**

Diámetro Del Pistón:	5	Cm	Área Del Pistón:	19.635	Cm <sup>2</sup>	
Penetración	<b>Presión 12 Golpes</b>		<b>Presión 25 Golpes</b>		<b>Presión 56 Golpes</b>	
(Mm)	Carga	Esfuerzo	Carga	Esfuerzo	Carga	Esfuerzo
(Pulg)	(Kg)	(Kg/Cm <sup>2</sup> ) (Lb/Pulg <sup>2</sup> )	(Kg)	(Kg/Cm <sup>2</sup> ) (Lb/Pulg <sup>2</sup> )	(Kg)	(Kg/Cm <sup>2</sup> ) (Lb/Pulg <sup>2</sup> )

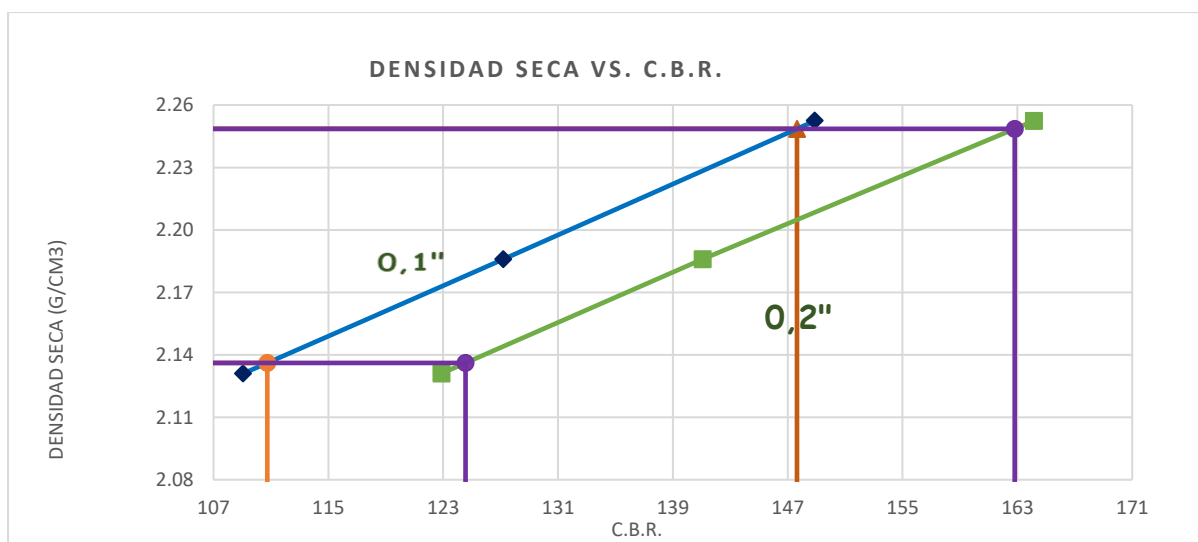
0.00	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
0.64	0.025	531.5	27.07	386.71	643.9	32.79	468.48	785.3	40.00	571.37
1.27	0.050	973.6	49.59	708.39	1182.4	60.22	860.24	1347.7	68.64	980.53
1.91	0.075	1251.2	63.72	910.33	1499.8	76.39	1091.22	1770.5	90.17	1288.18
2.54	<b>0.100</b>	<b>1499.2</b>	<b>76.35</b>	<b>1090.78</b>	<b>1748.3</b>	<b>89.04</b>	<b>1271.99</b>	<b>2046.6</b>	<b>104.23</b>	<b>1489.02</b>
3.18	0.125	1776.5	90.48	1292.55	2068.3	105.34	1504.83	2416.5	123.07	1758.15
3.81	0.150	2066.0	105.22	1503.13	2387.4	121.59	1736.97	2770.5	141.10	2015.74
4.45	0.175	2310.6	117.68	1681.10	2657.4	135.34	1933.40	3089.5	157.35	2247.81
5.08	<b>0.200</b>	<b>2533.4</b>	<b>129.03</b>	<b>1843.22</b>	<b>2908.5</b>	<b>148.13</b>	<b>2116.10</b>	<b>3384.3</b>	<b>172.36</b>	<b>2462.27</b>
7.62	0.300	3268.5	166.46	2378.04	3809.0	193.99	2771.33	4620.9	235.34	3362.00
10.16	0.400	3949.1	201.12	2873.21	4673.7	238.03	3400.45			
12.70	0.500	4593.3	233.94	3341.94						

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.1" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.1" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1090.78	76.35	1000	109.08	2.131
Presión 25 Golpes	1271.99	89.04	1000	127.20	2.186
Presión 56 Golpes	1489.02	104.23	1000	148.90	2.252

N° De Ensayo	Presión Aplicada - 0.2" (Lb/Pulg2)	Presión Aplicada - 0.2" (Kg/Cm2)	Presión Patrón (Lb/Pulg2)	C.B.R. (%)	Densidad Seca (G/Cm3)
Presión 12 Golpes	1843.22	129.03	1500	122.88	2.131
Presión 25 Golpes	2116.10	148.13	1500	141.07	2.186
Presión 56 Golpes	2462.27	172.36	1500	164.15	2.252

Valor Relativo De Soporte C.B.R.

C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,1")=	<b>110.75%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,1")=	<b>147.65%</b>
C.B.R. Para El 95% De La Densidad Seca Máxima (0,2")=	<b>124.56%</b>
C.B.R. Para El 100 % De La Densidad Seca Máxima. (0,2")=	<b>162.82%</b>



### Cálculo de dosificación de Aditivos

$$\text{Cantidad de cemento (g)} = \frac{\text{Espécimen de ensayo (g)}}{\text{MDS} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)} \times \text{Cemento} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$$

CALICATA	ESPÉCIMEN DE ENSAYO (g)	CEMENTO (kg/m3)	MDS (kg/m3)	CEMENTO (g)
C1	5500	42.5	2211	105.70
C2	5500	42.5	2211	105.72
C3	5500	42.5	2180	107.22
C4	5500	42.5	2205	106.03

$$\text{Aditivo Proes (ml)} = \frac{\text{Espécimen de ensayo (kg)}}{\text{MDS} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)} \times \text{Aditivo} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\right)$$

CALICATA	ESPÉCIMEN DE ENSAYO (kg)	ACEITE (l/m3)	MDS (kg/m3)	ACEITE (ml)
C1	5.5	0.25	2211	0.62
C2	5.5	0.25	2211	0.62
C3	5.5	0.25	2180	0.63
C4	5.5	0.25	2205	0.62

CALICATA	ESPÉCIMEN DE ENSAYO (kg)	ACEITE (l/m3)	MDS (kg/m3)	ACEITE (ml)
C1	5.5	0.30	2211	0.75
C2	5.5	0.30	2211	0.75
C3	5.5	0.30	2180	0.76
C4	5.5	0.30	2205	0.75

CALICATA	ESPÉCIMEN DE ENSAYO (kg)	ACEITE (l/m3)	MDS (kg/m3)	ACEITE (ml)
C1	5.5	0.35	2211	0.87
C2	5.5	0.35	2211	0.87
C3	5.5	0.35	2180	0.88
C4	5.5	0.35	2205	0.87

CALICATA	ESPÉCIMEN DE ENSAYO (kg)	ACEITE (l/m3)	MDS (kg/m3)	ACEITE (ml)
C1	5.5	0.40	2211	0.99
C2	5.5	0.40	2211	1.00
C3	5.5	0.40	2180	1.01
C4	5.5	0.40	2205	1.00