



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Estabilización mediante aceite sulfonado en la carretera no  
pavimentada en Av. Tupac Amaru con Av. Cámara Real, Lima -  
2022”

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Renteria Gutierrez, Edwin Fredy (ORCID: [0000-0002-3385-1384](https://orcid.org/0000-0002-3385-1384))

**ASESOR:**

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (ORCID: [0000-0002-4136-7189](https://orcid.org/0000-0002-4136-7189))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño De Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

### **Dedicatoria**

A mis hijos con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas

## **Agradecimiento**

A Dios por permitirme alcanzar mis objetivos dándome las bendiciones en el momento y el lugar oportuno.

A mi familia, mi esposa Edelmira e hijos: Naira y Yeray; por apoyarme en cada decisión de mis proyectos, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es y lo justa que puede llegar a ser; y por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis.

A mi asesor Dr. Ing. Vargas Chacaltana Luis Alberto, por su sabiduría, conocimiento y experiencia para guiarme en este camino académico y así graduarme con éxito como Ingeniero Civil.

## Índice de Contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Contenido .....	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de Figuras .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I.INTRODUCCIÓN .....	11
II.MARCO TEÓRICO .....	16
III.METODOLOGÍA .....	37
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	37
3.2. Variables y operacionalización .....	38
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	39
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ...	39
3.5. Procedimientos .....	41
3.6. Método de análisis de datos .....	41
3.7. Aspectos éticos .....	42
IV. RESULTADOS .....	44
V.DISCUSIÓN .....	78
VI. CONCLUSIONES .....	82
VII. RECOMENDACIONES .....	83
REFERENCIAS .....	84
ANEXOS .....	87

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Resumen general del SINAC</i> .....	36
<b>Tabla 2.</b> <i>Ficha de recolección de datos</i> .....	40
<b>Tabla 3.</b> <i>Ensayos de laboratorio a emplear</i> .....	42
<b>Tabla 4.</b> Ensayo granulométrico C-1 por tamices ASTM Norma (MTC E-104-2000)	48
<b>Tabla 5.</b> Composición granulométrica.....	48
<b>Tabla 6.</b> Ensayo granulométrico C-2 por tamices ASTM Norma (MTC E-104-2000)	50
<b>Tabla 7.</b> Composición granulométrica.....	50
<b>Tabla 8.</b> Contenido de humedad y Limite de consistencia.....	52
<b>Tabla 9.</b> Límite de consistencia suelo natural.....	53
<b>Tabla 10.</b> Limite de consistencia de suelo natural + aceite sulfonado.....	53
<b>Tabla 11.</b> Compactación de moldes.....	55
<b>Tabla 12.</b> Compactación de moldes.....	57
<b>Tabla 13.</b> Compactación de moldes.....	57
<b>Tabla 14.</b> Compactación de moldes.....	57
<b>Tabla 15.</b> <i>Compactación de moldes</i> .....	58
<b>Tabla 16.</b> <i>Compactación de moldes</i> .....	58
<b>Tabla 17.</b> <i>Compactación de moldes</i> .....	58
<b>Tabla 18.</b> Resumen de Proctor modificado OCH Y MDS del suelo natural con adición de Aceite Sulfonado.....	59
<b>Tabla 19.</b> CBR de suelo natural.....	62
<b>Tabla 20.</b> Cuadro CBR para 0.1 pulg de penetración en suelo natural.....	62
<b>Tabla 21.</b> <i>CBR de suelo natural + Aceite sulfonado 0.02 lt/m<sup>3</sup></i> .....	63
<b>Tabla 22.</b> <i>Cuadro CBR para 0.1 pulg de penetración</i> .....	63
<b>Tabla 23.</b> <i>CBR de suelo natural + Aceite Sulfonado 0.03 lt/m<sup>3</sup></i> .....	64
<b>Tabla 24.</b> <i>Cuadro CBR para 0.1 pulg de penetración</i> .....	64
<b>Tabla 25.</b> <i>CBR de suelo natural + Aceite Sulfonado 0.04 lt/m<sup>3</sup></i> .....	65
<b>Tabla 26.</b> <i>Cuadro CBR para 0.1 pulg de penetración</i> .....	65
<b>Tabla 27.</b> CBR de suelo natural + Aceite sulfondo 0.04 lt/m <sup>3</sup> .....	66
<b>Tabla 28.</b> CBR de suelo natural + Aceite sulfondo 0.07 lt/m <sup>3</sup> .....	67

<b>Tabla 29.</b> CBR de suelo natural + Aceite sulfonado 0.09 lt/m <sup>3</sup> .....	68
<b>Tabla 30.</b> Resumen de los CBR con aceite sulfonado C-1.....	69
<b>Tabla 31.</b> <i>Resumen de los CBR con aceite sulfonado C-2</i> .....	70
<b>Tabla 32.</b> Resumen CBR 100%.....	71
<b>Tabla 33.</b> <i>Ensayo de compresión no confinada en muestra de suelos</i> .....	72
<b>Tabla 34.</b> <i>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</i> .....	72
<b>Tabla 35.</b> Ensayo de compresión no confinada en muestra de suelos .....	73
<b>Tabla 36.</b> Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ).....	73
<b>Tabla 37.</b> Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.04lt/m <sup>3</sup> Aceite sulfonado.....	74
<b>Tabla 38.</b> Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.07lt/m <sup>3</sup> Aceite sulfonado.....	74
<b>Tabla 39.</b> Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.09lt/m <sup>3</sup> Aceite sulfonado.....	75
<b>Tabla 40.</b> <i>Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.02lt/m<sup>3</sup> Aceite Sulfonado</i> .....	75
<b>Tabla 41.</b> <i>Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.03lt/m<sup>3</sup> Aceite Sulfonado</i> .....	76
<b>Tabla 42.</b> <i>Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.04lt/m<sup>3</sup> Aceite Sulfonado</i> .....	76
<b>Tabla 43.</b> Resumen de costo directo de un m <sup>3</sup> .....	77

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> sección transversal de un camino no pavimentado .....	23
<b>Figura 2.</b> Esquema de los métodos de estabilización .....	24
<b>Figura 3.</b> Límites de Atterberg .....	26
<b>Figura 4.</b> Particularidades de la plasticidad para el manto exterior del afirmado ...	26
<b>Figura 5.</b> Particularidades genéricas para superficies de rodadura de las carreteras con tenue volumen de tránsito .....	32
<b>Figura 6.</b> sección inadecuada .....	33
<b>Figura 7.</b> Drenaje inadmisible .....	33
<b>Figura 8.</b> Ondulaciones .....	34
<b>Figura 9.</b> Exceso de polvo .....	34
<b>Figura 10.</b> Fases para el estudio de datos .....	40
<b>Figura 11.</b> Mapa del del Distrito de Carabaylo .....	43
<b>Figura 12.</b> Vista del Distrito de Carabaylo .....	44
<b>Figura 13.</b> Ensayo granulométrico .....	46
<b>Figura 14.</b> Curva Granulométrica de la C-01 .....	48
<b>Figura 15.</b> Curva Granulométrica de la C-02 .....	50
<b>Figura 16.</b> Límite de consistencia .....	52
<b>Figura 17.</b> Ensayo Proctor Modificado .....	53
<b>Figura 18.</b> Límite de consistencia Suelo Natural con Adición de Aceite Sulfonado C-01.....	54
<b>Figura 19.</b> Límite de consistencia Suelo Natural con Adición de Aceite Sulfonado C-02.....	55
<b>Figura 20.</b> Optimo Contenido de Humedad del suelo natural .....	54
<b>Figura 21.</b> Maxima Densidad Seca MDS (gr/cm <sup>3</sup> ) .....	55
<b>Figura 22.</b> Ensayo Proctor Modificado en suelo natural .....	55
<b>Figura 23.</b> Optimo Contenido de Humedad con Adición de Aceite Sulfonado .....	58
<b>Figura 24.</b> Máxima Densidad Seca con Adición de Aceite Sulfonado .....	59
<b>Figura 25.</b> Ensayo de CBR .....	60
<b>Figura 26.</b> CBR de suelo natural .....	61
<b>Figura 27.</b> CBR de suelo natural + Aceite sulfonado 0.02 lt/m <sup>3</sup> .....	62
<b>Figura 28.</b> CBR de suelo natural + Aceite Sulfonado 0.03 lt/m <sup>3</sup> .....	63
<b>Figura 29.</b> CBR de suelo natural + Aceite Sulfonado 0.04 lt/m <sup>3</sup> .....	64

<b>Figura 30.</b> CBR de suelo natural + Aceite sulfonado 0.04 lt/m3 .....	65
<b>Figura 31.</b> CBR de suelo natural + Aceite sulfonado 0.07 lt/m3 .....	66
<b>Figura 32.</b> CBR de suelo natural + Aceite sulfonado 0.09 lt/m3 .....	67
<b>Figura 33.</b> Resumen de los CBR con aceite sulfonado C-01 .....	68
<b>Figura 34.</b> Resumen de los CBR con aceite sulfonado C-2 .....	69
<b>Figura 35.</b> Resumen CBR 100% .....	70
<b>Figura 36.</b> Resistencia (kg/cm2) .....	71
<b>Figura 37.</b> Resistencia (kg/cm2) .....	72
<b>Figura 38.</b> Resumen de costo directo de un m3. ....	72



## RESUMEN

La investigación titulada “Estabilización mediante aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Av. Tupac Amaru con Av. Cámara Real, Lima - 2022”, La investigación es de tipo aplicada, se planteó como objetivo general Evaluar de qué manera influye la estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada Tupac Amaru con Av. Cámara Real, Lima- 2022, con la hipótesis general La estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado se relaciona de manera positiva en la carretera no pavimentada Tupac Amaru, Teniendo como resultado La clasificación de suelo SUCS SM nos indica que el suelo es de tipo arena – limo, en cuanto a la clasificación de suelo AASHTO A-1-b (0), incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de arena gruesa con o sin un ligante de suelo bien graduado. Llegando a la conclusión Se determino, que la incorporación del aceite sulfonado en sus distintas dosificaciones aumentan el CRB en referencia a su estado natural 17.0% en cuanto a un CBR de suelo natural + Aceite sulfonado (0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>, 0.09 lt/m<sup>3</sup>) los CBR resultan (49.6%, 55.9%, 60.3%) demostrando que al aumentar el aditivo progresivamente mejora la resistencia del suelo. Los ensayos de Proctor modificado aumento en cuanto al suelo natural que fue de máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) de 2.000 y Optimo contenido de humedad (%) de 6.5, cuando se añadió el Aceite sulfonado en sus dosificaciones (0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>, 0.09 lt/m<sup>3</sup>) se obtuvo Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) de 2.014 , 2.007, 2.018 y Optimo contenido de humedad (%) de 6.8 , 7.2 , 7.0 respectivamente.

**Palabras clave:** Estabilización química, carretera no pavimentada, aceite

## ABSTRACT

The research entitled "Stabilization through sulfonated oil on the unpaved road in Av. Tupac Amaru with Av. Cámara Real, Lima - 2022", The research is of an applied type, the general objective was to evaluate how chemical stabilization influences through the use of sulfonated oil on the Tupac Amaru unpaved road with Av. Cámara Real, Lima- 2022, with the general hypothesis Chemical stabilization through the use of sulfonated oil is positively related to the Tupac Amaru unpaved road, having as result The SUCS SM soil classification indicates that the soil is of the sand-loam type, while the AASHTO A-1-b (0) soil classification includes those materials that consist predominantly of coarse sand with or without a binder well graded soil. Reaching the conclusion, it was determined that the incorporation of sulfonated oil in its different dosages increases the CRB in reference to its natural state by 17.0% in terms of a CBR of natural soil + sulfonated oil (0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>, 0.09 lt/m<sup>3</sup>) the CBR results (49.6%, 55.9%, 60.3%) demonstrating that increasing the additive progressively improves the resistance of the soil. The modified Proctor tests increased in terms of the natural soil, which had a maximum dry density (gr/cm<sup>3</sup>) of 2,000 and an optimum moisture content (%) of 6.5, when the sulfonated oil was added in its dosages (0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>, 0.09 lt/m<sup>3</sup>) Maximum dry density (gr/cm<sup>3</sup>) of 2.014, 2.007, 2.018 and Optimum moisture content (%) of 6.8, 7.2, 7.0 respectively were obtained.

**Keywords:** Chemical stabilization, unpaved road, oil

## I. INTRODUCCIÓN.

**A nivel internacional**, durante casi 30 años se ha trabajado en la investigación de opciones más eficientes del empleo de agentes estabilizadores en procedimientos de desarrollo constructivo de carreteras con superficie inestables, que originen un diminuto o ninguna consecuencia ambiental en el sector donde se realizan las obras de construcción, sobre todo, que cumplan con las determinaciones especializadas requeridas para la administración a largo plazo. Por lo tanto, el tema de agentes estabilizadores se conoció como una opción para presentar ciertas respuestas a los problemas mencionados, de modo que hoy en día hay muchos de estos elementos disponibles en el mercado que cumplen las exigencias mencionadas anteriormente. Uno de estos elementos presente en el mercado es el aditivo ecológico, aditivos a base de aceite sulfonado, siendo estos unos estabilizadores extraordinarios de calidad ideal para la construcción y mantenimiento de carreteras. El aceite sulfonado es un producto de origen natural no peligroso, no dañino, fabricado hace más de 25 años en los Estados Unidos, que hasta hoy todavía se utiliza con resultados increíbles en su aplicación, de esta manera mejora la naturaleza de los suelos inestables, disminuyendo gastos en mantenimiento alejándose del extraordinario efecto ecológico. Naciones como India, México y los Países Bajos, que son unas pocas naciones con mayor impacto ambiental en la tierra, están utilizando este elemento para cooperar con el medio ambiente. En ciertas naciones de América del Sur, por ejemplo, Colombia, Argentina, Brasil, Chile y Ecuador, durante más de 10 años han estado investigando resultados de estabilizadores naturales para suelos de baja resistencia, siendo aceite sulfonado uno de los elementos más utilizados, dando enormes resultados en la construcción de carreteras que presentan amplias extensiones de suelos arcillosos inestables.

**A nivel nacional**, las carreteras no pavimentadas conforman la mayor longitud dentro del sistema vial dentro de ellas encontramos carreteras afirmadas, no afirmadas y trochas carrozables su desarrollo de estas es incesante, los datos e investigaciones sobre agentes estabilizadores naturales son casi obsoletos, algunas empresas de propiedad privada ya vienen utilizando estos productos en el desarrollo de calles y afirmados. Gobiernos regionales no están informados de las ventajas de estos elementos, que son esenciales para el ajuste de los suelos,

la disminución de los gastos en el desarrollo de construcción y su mantenimiento, al igual que el compromiso con la tierra; considerando que nuestra nación además de mostrar problemas en su economía; También es una de las naciones con gran efecto ecológico en la tierra.

**A nivel local,** La situación problemática actual de los caminos vecinales no pavimentados a nivel de afirmado del distrito de Carabayllo, es muy crítica. Siendo así que desde el año 2012 en que se realizaron las rehabilitaciones de los caminos vecinales, no ha habido ningún tipo de mantenimiento periódico de los mismos, existiendo un gran deterioro en la subrasante. Asimismo, dichos caminos solo han tenido mantenimientos manuales a través del Instituto Vial de Carabayllo, siendo que dichos mantenimientos rutinarios manuales no son suficientes para la buena conservación de la superficie de rodadura, debido al gran desgaste de la misma y dichos mantenimientos rutinarios manuales solo contemplan bacheos en zonas críticas, ocasionando de esta manera la incomodidad durante el viaje en la mayorías de la trayectoria de los caminos vecinales, emisión de gran cantidad de polvo, mayor desgaste de los vehículos que transitan por dichos caminos vecinales y el maltrato de los productos que se transportan, generando pérdidas económicas. Por lo que se necesita estabilizadores de suelos para prolongar la vida útil de dichas vías, pudiendo tener acceso al Aceite sulfonado, los cuales Provias puede trabajar con empresas privadas que importan dichos productos es el caso de Biobac Perú que es distribuidor autorizado de Brem S.A.C distribuidor de aceite sulfonado. Viendo la problemática que acontece es por ello que se decide realizar la presente investigación.

Por lo expuesto, se plantea el **Problema general**. Bernal, (2018)<sup>1</sup> nos dice: “Manifiesta que para plantear nuestro problema de investigación es importante mostrar una explicación que sirva como reseña de la cuestión del propósito a investigar.” (p.84). Debido a la notable problemática que acontece no solo en la vía en estudio sino en muchas carreteras del país, con esta investigación se propone una opción de mejora y aumentar la vida útil de estas beneficiando principalmente a la población que transita por ella ya que es un medio básico de

---

<sup>1</sup> Bernal, (2018)

comunicación en toda sociedad. ¿De qué manera influye la Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Av. Tupac amaru con Av. Cámara real, Carabayllo 2022?. **Problemas específicos:** Carrasco (2019)<sup>2</sup> nos dice: “Los problemas específicos permiten el tratamiento detallado del problema general, para formular los problemas específicos se debe determinar previamente los indicadores de las variables correspondientes” (p.34). **PE1:** ¿Cómo influye la dosificación de la adición del aceite sulfonado en las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Av. Tupac Amaru con Av. Cámara Real, Carabayllo 2022?. **PE2:** ¿Cómo influye la adición del Aceite Sulfonado en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Av. Tupac amaru con Av. Cámara Real, Carabayllo 2022?. **PE3:** ¿Cómo influye la adición de Aceite Sulfonado en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022?. **PE4:** ¿Como influye la dosificación optima de aceite sulfonado en el costo de la Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Av. Tupac amaru con Av. Cámara Real, Carabayllo 2022?.

**Justificación del estudio.** Rey, (2018)<sup>3</sup> no dice: “Pone de manifiesto la relevancia teórica del resultado que se pretenda alcanzar, la transcendencia del problema dentro del sistema teórico” (p.80). **Justificación teórica:** Cuando se estudia el proceso de estabilización para vías sin pavimentadas, se encuentra muchas dificultades tanto en la resistencia como en la durabilidad es por ellos que, al transcurrir de los años, muchas de las carreteras aún no han mejorado en cuanto a la conducta del área de la capa de rodadura, porque se evidencia en la actualidad carreteras intransitables, donde se puede ver el grado de deterioro de la capa de afirmado de las diferentes vías de Carabayllo. En el comportamiento estructural de la plataforma del afirmado de la carretera, se presenta fallas en la resistencia y durabilidad; cuando la capa de rodadura es sujetas a cargas externas de tránsito vehicular, por lo que es de suma importancia el estudio, las relaciones de esfuerzo deformación existentes con el

---

<sup>2</sup> Carrasco (2019)

<sup>3</sup> Rey, (2018)

cambio de las características físicas y mecánicas de las partículas. En esencia el deterioro de la capa de afirmado es debido a la mala calidad y comportamiento de los materiales, climas severos y cargas exteriores de tránsito pesado, para ello se debe prever el mejoramiento de suelos para garantizar la Resistencia y Durabilidad de las carreteras de la Región. Siendo el propósito fundamental de la investigación, regenerar las cualidades físicas y mecánicas de los componentes a utilizar para ello, es necesario realizar ensayos de laboratorios como: análisis granulométrico, ensayos Proctor, capacidad portante.

**Justificación ambiental:** La utilización del agente aceite sulfonado en procesos de estabilización de suelos se justifica su uso ya que es compatible con el trabajador y el medio ambiente, el aceite sulfonado es vendido como un líquido concentrado en bidones de 19 litros evitando la utilización de grandes camiones para su traslado, es un producto biológico es extremadamente seguro, no es inflamable, no causa quemaduras ni irritación en la piel, no daña a los humanos, animales ni vegetación. Para la aplicación de estos agentes no es necesario utilizar un tipo de ropa especial para protegerse.

**Justificación socioeconómica:** El crecimiento y prosperidad de cualquier nación depende de sus pistas y carreteras y de la habilidad para transportar sus productos a los mercados y a las personas de un lugar a otro durante varios años países en vías de desarrollo que han utilizado aceite sulfonado han desarrollado habilidades de transportar alimentos y personas rápidamente , en cualquier estación colaborando así con el crecimiento de su país, por tal motivo es necesario que, para este tipo de carreteras afirmadas, se tenga un control de los procesos constructivos involucrados, así como el control de calidad de los materiales a emplear. Debido al proceso evolutivo de las carreteras en base a su transitabilidad y funcionalidad es casi obligatorio que la gran mayoría de ellas tengan como origen el tipo de carretera afirmado, puesto que la mayor cantidad de obras viales proyectadas están a cargo de los Gobiernos Locales, las mismas que por el hecho de no contar con los bienes de tipo económicos requeridos para la construcción de carreteras pavimentadas. Es por ello que es necesario la destinación de nuevos métodos de procesos constructivos en carreteras de tipo Afirmado, que permitan la durabilidad y el cuidado del medio ambiente así generar un impulso en la formulación de nuevos proyectos de construcción de

vías con el uso de los aditivos el uso de aceite sulfonado.

Por consiguiente, tenemos como **Objetivos General:** Velázquez, (2018)<sup>4</sup> nos dice: “Constituido por la realidad misma. De la cual cada ciencia particular estudia una porción específica. Que pueda compartir. a su vez con otro”. (p.19). Evaluar de qué manera influye la Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022. **Objetivos específicos:** Burelo (2017)<sup>5</sup> nos dice: “Indican lo que se pretende realizar en cada una de las etapas de la investigación, son logros parciales que facilitan el control sistemático de la investigación y que al ser alcanzado en conjunto nos permite garantizar que el objetivo general ha sido logrado” (p.48). **OE1:** Determinar de qué manera influye la dosificación de la adición de aceite sulfonado en las propiedades físico de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022. **OE2:** Determinar como influye la adición de aceite sulfonado en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022. **OE3:** Determinar de qué manera influye la adición de aceite sulfonado en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabayllo 2022. **OE4:** Determinar de qué manera influye la dosificación óptima de aceite sulfonado en el costo de la Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022.

Finalmente, como **Hipótesis General:** Velázquez, (2018)<sup>6</sup> nos dice: “La hipótesis científica es una respuesta tentativa a nuestro problema a estudiar. Por lo que conforma una solución anticipada al problema de investigación, de tal modo muestra los posibles resultados que serán obtenidas con la resolución”. (p.93). La estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado se relaciona de manera positiva en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022. **Hipótesis específicas:**

---

<sup>4</sup> Velázquez, (2018)

<sup>5</sup> Burelo (2017)

<sup>6</sup> Velázquez, (2018)

Tamayo (2018)<sup>7</sup> nos dice: “La hipótesis es una proposición que nos permite establecer relaciones entre los hechos. Su valor reside en la capacidad para establecer más relaciones entre los hechos y explicar el por qué se producen” (p.75). **HE1:** ¿La dosificación de aceite sulfonado se relaciona de manera positiva en la estabilización de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022?. **HE2:** ¿La adición de óptima de aceite sulfonado se relaciona de manera positiva en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022?. **HE3:** ¿La adición de aceite sulfonado influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabayllo 2022?. **HE4:** ¿La adición de aceite sulfonado influye de manera positiva en el costo de la Estabilización química en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022?.

---

<sup>7</sup> Tamayo (2018)



## II. MARCO TEÓRICO.

De acuerdo a la revisión de la literatura encontramos estudios realizados en otros contextos, como mencionamos a continuación, **Antecedentes internacionales:** tenemos a **Fuentes (2018)**<sup>8</sup> en la tesis presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Bío - Bío – Concepción - Chile, **La metodología de investigación** es descriptivo, plantea entre otros como **objetivo** general analizar técnicamente la incorporación del aditivo GT-24X en suelos de sub rasante de la provincia de Concepción y como objetivos específicos: caracterizar los suelos utilizados en el presente estudio, evaluar la razón de soporte que presentan los suelos de sub rasante con el aditivo GT-24X, establecer una dosificación óptima del aditivo GT-24X en suelos de sub rasante estudiados.(p.24). **Los resultados** muestran que se trata de un suelo conformado por arena y arcilla, notándose un claro aumento en el CBR cuando se le añade el químico. No se observa lo mismo en un suelo de composición arena y limos ya que no se aprecia la función del aditivo, notando que no existe un aumento considerable en el valor de CBR. Llega a la siguiente **conclusión:** Considerando la cantidad de material que pasa por el tamiz #40 exhibida en la granulometría y los elevados valores de plasticidad del material, este tipo de material se ve influenciado por la acción catalizadora de las enzimas presentes en el químico GT-24X que generan un aglutinamiento de las partículas arcillosas aumentando en 50Kg/cm<sup>3</sup> aproximadamente la DMCS, y disminuyendo en 2 puntos porcentuales la humedad óptima, a su vez, en el CBR se corrobora la acción descrita aumentando en un valor promedio de 2% en la capacidad de soporte.

**Miranda y Negrete (2019)**<sup>9</sup> En su investigación para obtener el grado profesional de ingeniero civil, estableció como **objetivo** de dicho estudio estudiar el comportamiento de suelos cohesivos utilizando el CaCl<sub>2</sub> como agente estabilizante para enriquecer las cualidades físico-mecánicas en proyectos viales. **La metodología de investigación** es descriptiva. Los **resultados** fueron Con la Tabla % en la cual se compara los valores de CBR en suelo natural junto a los valores de CBR con Cloruro de Calcio a distintas dosificaciones, se puede ver que el uso de este aditivo no mejora Considerablemente la resistencia a

---

<sup>8</sup> Fuentes (2018)

<sup>9</sup> Miranda y Negrete (2019)

esfuerzos cortantes llegando incluso a ser perjudicial para el suelo o de nulo el efecto. Los porcentajes de CBR con el estabilizante Cloruro de Calcio varían de 2 a 6 en suelos finos y de 14 a 16 en arenas arcillosas. Llegando a la **conclusión** de las ocho muestras obtenidas en campo especificadas en la Tabla %, se tomaron las muestras 2, 4, 6 y 7 ya que estas presentan características más desfavorables, donde se tiene como resultado Limo de Alta Plasticidad (MH), Arena Limosa (SC), Arcilla de elevada Plasticidad (CH) y Arcilla de Baja Plasticidad (CL) respectivamente según la clasificación SUCS

**Pozo (2019)**<sup>10</sup> en la tesis presentada a la facultad de Ingeniería Civil del Instituto Superior Técnico José Antonio Echevarría – La Habana – Cuba; **La Metodología de investigación** es descriptivo correlacional tiene como **objetivo** de estudiar los resultados del ensayo compresión axial simple, ascensión capilar y CBR del suelo objeto de estudio antes y después de ser estabilizado con el nuevo Rocamix Líquido. **Los resultados** que se observan son el CBR aumentan entre un 3% a 4% en el caso de las muestras ensayadas confeccionadas con energía estándar y entre un 4% a 5% en las muestras de energía Proctor Modificado. Esto demuestra que la adición del producto ROCAMIX líquido en la proporción indicada aumentó el valor del parámetro CBR lo que indica que mejora sus propiedades resistentes a la penetración medibles en este ensayo. Llega a las siguientes **conclusiones**: El parámetro CBR aumenta significativamente con la adición del producto y con el aumento de energía de compactación con que se confeccionan las muestras. Este parámetro es de gran importancia para el diseño de carreteras pues en los proyectos de confección de bases, subbases y subrasantes es una de las condicionantes de diseño más importante a medir.

**Rojas y Barreda (2019)**<sup>11</sup> en su tesis para obtener el grado de ingeniero civil. **El objetivo** de esta investigación se basó en comparar las cualidades físicas mecánicas de permazyme 11x con el cemento, para estabilizar una base granular de una localidad en Bogotá. De acuerdo a los ensayos requeridos. **La Metodología de investigación** es descriptivo explicativa causal. **Los resultados** obtenidos reflejan un aumento del CBR del terreno tratado respecto al terreno en estado natural. Al realizar los ensayos correspondientes el material

---

<sup>10</sup> Pozo (2019)

<sup>11</sup> Rojas y Barreda (2019)

común indicó una estimación de 27% CBR y 6.04Kg / Cm<sup>2</sup> de resistencia; utilizando permazyme 11X se observe un acrecentamiento de 30% CBR y 62% en resistencia, para el material equilibrado con 6% de cemento, el aumento fue 45% para la estimación de CBR y 65.5% de resistencia, de esta manera se realice distintas pruebas y se observe que a medida que se añadía más dosis los valores de CBR y resistencia aumentan. Llegando a la **conclusión** de acuerdo a los ensayos aplicados, resulta más factible estabilizar con el 7 % de cemento que con permazyme ya que se obtiene una Resistencia mayor a la obtenida con el otro agente.

**Zambrano y Casanova (2017)**<sup>12</sup> en la tesis presentado a la facultad de Arquitectura e Ingeniería de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo – Samborondon - Ecuador, plantea como **objetivo** general estabilizar un suelo arcilloso y una grava arcillosa mediante el uso de polímeros. **La Metodología de investigación** es cuantitativa, los **resultados** con polímero 50 ml (1,25%), Teniendo en consideración la densidad seca máxima del suelo de 1453,20 Kg/m<sup>3</sup> y relacionando el 95% del proctor modificado (1380 kg/m<sup>3</sup>) con las gráficas CBR'S de 12, 25 y 56 golpes, se obtiene el valor CBR real CBR para suelo + (1,25%) de polímero = 39% .llegando a las **conclusiones**: Se logró estabilizar ambos suelos mediante el uso de los polímeros L y M, tanto en el análisis de CBR y en la resistencia a compresión simple partiendo del estado natural. En el caso de la arcilla, se cambió de una resistencia de CBR en estado natural de 17,44% hasta 39% utilizando el 1,25% de polímero M y 0,17% de polímero L (en relación a la masa de suelo), es decir se aumentó la resistencia en 224%. (p.147).

**Antecedentes nacionales: Carranza y Fernández (2018)**<sup>13</sup> en su tesis **El objetivo** de esta investigación es diagnosticar el producto de la aplicación de estos aditivos a través de sus dosificaciones dadas en su ficha técnica para mejorar el CBR de la subrasante en la vía de acceso al Centro Poblado Barraza, Laredo. Asimismo, compararlas para determinar cuál de los dos presenta una perfecta trabajabilidad mejorando notablemente las propiedades mecánicas del suelo. **El nivel de investigación** descriptiva causal. **Los resultados** obtenidos

---

<sup>12</sup> Zambrano y Casanova (2017)

<sup>13</sup> Carranza y Fernández (2018)

demuestran que un suelo de constitución limo- arcilloso, conforme la clasificación SUCS y AASHTO. Por otro lado, el porcentaje de CBR máximo para el suelo natural fue de 3%, lo cual, según el MTC, es una subrasante inadecuada. En el caso del suelo modificado con los aditivos líquidos proes y conaid, el porcentaje de CBR máximo es de 13% y 10%, lo cual corresponde a una subrasante buena. Finalmente, para los aditivos sólidos proes y conaid, el porcentaje de CBR máximo es de 70% y 58%, lo cual corresponde a una subrasante excelente. Llegando a **la conclusión** que ambos aditivos sólidos PROES y CONAID mejoran las propiedades mecánicas, lo cual teniendo en cuenta que se usara el aditivo CONAID por aplicarse menos dosificación y resulta más barato para estabilizar los suelos de vía de acceso al Centro Poblado, Barraza.

**Condori y Huamaní (2018)**<sup>14</sup> el **objetivo** de esta tesis es Determinar si la aplicación del estabilizador Z con polímero sintético incrementa el valor del CBR del material utilizado como afirmado en la carretera departamental AP-103 - tramo puente Ullpuhuaycco - Karkatera L=14.050 km Abancay - Apurímac 2018.

**La Metodología de investigación** es explicativo. **Los resultados** obtenidos luego de realizar el ensayo granulométrico nos indica que estamos frente a un suelo grava arcillosa, mezcla gravo – areno – arcillosa (GC) (clasificación SUCS) y el método AASHTO indica que el suelo es grava y arena limo arcillosa A-2-6 (0), con la incorporación del polímero en dosificación 1:4 (polímero: agua) en el material de afirmado se ha incrementado el valor del CBR de 15.44 % a 18.57 %, significa que el estabilizador Z con polímero mejora las propiedades físicas del suelo. Llegando a la **conclusión** El valor del CBR al 95% en suelo natural es de 12.55%, aplicando el estabilizador Z con polímero aumenta a 13.09%, con la aplicación del polímero el valor del CBR, se incrementa en un 4.30% con referencial al valor del suelo natural, mientras que el valor del CBR al 100% en suelo natural; es de 15.55%, aplicando el estabilizador Z con polímero aumenta a 18.57% con la aplicación del polímero el valor del CBR se incrementa en un 20.27%, con referencial al valor del suelo natural.

**Núñez (2018)**<sup>15</sup> en la tesis presentado a la Facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad Andina del Cusco en la ciudad de Cusco; plantea como

---

<sup>14</sup> Condori y Huamaní (2018)

<sup>15</sup> Núñez (2018)

**objetivo** general determinar la variación de plasticidad, grado de compactación, capacidad de soporte (CBR) y costo del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo – Mayumbamba, adicionando estabilizante iónico (CON-AID) y como objetivos específicos evaluar la plasticidad, el grado de compactación y la capacidad de soporte (CBR) del material de la cantera km 02+700 con la adición de estabilizante iónico (p.24). **La Metodología de investigación** es descriptivo. Los **resultados** obtenidos son, Los valores límite líquido se disminuyeron en un 0.08% de límite plástico en 0.06% y de índice de plasticidad en 0.02% con aditivo ionizante al 15%. Los valores límite líquido se disminuyeron en un 0.35% de límite plástico en 0.18% y de índice de plasticidad en 0.17% con aditivo ionizante al 30%. Los valores límite líquido se disminuyeron en un 0.86% de límite plástico en 0.34% y de índice de plasticidad en 0.52% con aditivo ionizante al 45%. Los valores límite líquido se disminuyeron en un 1.13% de límite plástico en 0.54% y de índice de plasticidad en 0.60% con aditivo ionizante al 60%.Llega a las siguientes **conclusiones**: Al incrementar la cantidad de aditivo iónico en los porcentajes trabajados de 15%, 30%, 45% y 60% al material de la cantera Km 02+700 del tramo San Jerónimo – Mayumbamba, los valores de límites de Atterberg disminuyeron, con este incremento de aditivo iónico los valores de grado de compactación aumentaron, por tal razón se logró demostrar que los valores de capacidad de soporte CBR también subieron.

**Palomino (2019)**<sup>16</sup> en la tesis presentado a la Facultad de ingeniería en la Universidad Privada del Norte, en la ciudad de Cajamarca, plantea como **objetivo** principal determinar la capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso con incorporación de 2%,4% y 6% del estabilizador Maxxseal 100,). **La Metodología de investigación** descriptivo de tipo experimental, los **resultados** obtenidos Al realizar los límites de atterberg se observó que el límite líquido y el límite plástico aumentan a medida que aumentamos la cantidad del estabilizador maxxseal 100, mientras que el índice de plasticidad disminuye. Al incrementar el porcentaje del estabilizador Maxxseal 100, en el límite líquido se genera una relación directamente proporcional; de 45% sin aditivo a 51% con la

---

<sup>16</sup> Palomino (2019)

incorporación de 6% del estabilizador Maxxseal 100; convirtiéndole de un suelo de plasticidad intermedia, a un suelo con alta plasticidad. Llegando a la siguiente **conclusión**: La capacidad portante (CBR) del suelo arcilloso estabilizado con 2%, 4%, y 6% de Maxxseal 100, se obtuvo los siguientes valores para un CBR a 0.1" con la muestra patrón un CBR de 5.10%, incorporando el 2% de Maxxseal 100 un CBR de 7 %, incorporando el 4% de Maxxseal 100 un CBR de 9.60 %, incorporando 6% de Maxxseal 100 un CBR de 11%; para un CBR al 0.2", con la muestra patrón un CBR de 5.40 %, incorporando el 2% de Maxxseal 100 un CBR de 7.30 %, incorporando el 4% de Maxxseal 100 un CBR de 10.10 %, incorporando 6% de Maxxseal 100 un CBR de 11.70%.

**Saldaña (2018)**<sup>17</sup> en la tesis presentado a la Facultad de ingeniería en la Universidad Privada del Norte, en la ciudad de Cajamarca, plantea como **objetivo** principal evaluar la influencia de la adición de cloruro de sodio en 4%, 8% y 12% en el índice California Bearing Ratio (CBR) de un suelo arcilloso. **La Metodología de investigación** fue descriptivo correlacional los resultados Los **resultados** obtenidos a través de los ensayos de límites de Atterberg estos presentaron tanto en el límite líquido, límite plástico e Índice de plasticidad una disminución al incrementar la dosificación de cloruro de sodio en comparación a la muestra patrón de tipo experimental, Llega a las siguientes **conclusiones**: La adición del cloruro de sodio en porcentajes de 4%, 8% y 12% incrementa el valor del CBR hasta en un 10% en comparación a la muestra patrón. Puesto que el índice CBR para 0.1" varía un 9.48% de la muestra patrón, mientras que para 0.2" el índice CBR varia 9.69 % de la muestra patrón. Se logró evaluar la influencia de la adición de cloruro de sodio en 4%,8% y 12 % en el índice California Bearing ratio (CBR) de un suelo arcilloso obtenido los siguientes resultados para un CBR al 0.1": con la muestra patrón un CBR de 4.43%, adicionando 4% de cloruro de sodio un CBR de 4.50%, adicionando 8% de cloruro de sodio un CBR de 4.70%, adicionando 12% de cloruro de sodio un CBR de 4.85%; para un CBR al 0.2", con la muestra patrón un CBR de 4.85%, adicionando 4% de cloruro de sodio un CBR de 5.01%, adicionando 8% de cloruro de sodio un CBR de 5.21%, adicionando 12% de cloruro de sodio un CBR

---

<sup>17</sup> Saldaña (2018)

de 4.32%.

**Córdova (2019)**, en su tesis el **objetivo** fue mejorar la resistencia en la carretera con la estabilización de la subrasante con aceite sulfonado de la carretera departamental de Pariñas en el km: 08+000.00 - 09+000.00, Talara- Piura 2019, **La Metodología de investigación** fue descriptivo, Los **resultados** revelaron que el aceite sulfonado aumenta la capacidad de soporte CBR con un porcentaje de 0.35l/m<sup>3</sup> y trabaja mucho mejor al combinarse con el aditivo solido cal, menorando su nivel de expansión de una manera inmediata. Después de analizar y discutir cada uno de los resultados se **concluye**; que al incorporar aceite sulfonado en la estabilización de la subrasante sin duda se logra mejorar la resistencia de la subrasante con un porcentaje inicial de CBR 2.1% aumentado su capacidad de soporte a 8.8%.

Como bases teóricas tenemos que la **Estabilización de suelos**: Según Núñez, 2017<sup>18</sup>: Consideramos estabilización a un ajuste en el procedimiento por el cual los suelos regulares están expuestos a algún control o tratamiento para que podamos explotar sus mejores características, consiguiendo una firmeza constante, lista para mantener los impactos del tráfico y las circunstancias climáticas extremas. Se entiende que viene a ser una revisión de insuficiencia para otorgarle una protección más prominente desde el principio, disminuir su plasticidad (p.17). Según lo expuesto por Núñez la estabilización es un proceso por el cual buscaremos enriquecer y aumentar las propiedades de un suelo brindándole mejor firmeza a la capa de rodadura, esto se puede obtener mediante distintos procesos uno de ellos es la compactación mecánica, así como también combinando material granular con otro que no tenga esta característica. Este proceso es aceptado como un método eficaz para la reparación de baja calidad de suelos. **Estabilización de suelos no pavimentados**: Tratamiento por el cual se expone los suelos a evaluaciones para que puede soportar condiciones antagónicas, haciendo que la durabilidad sea consistente a lo esperado. de esta manera también se logra la estabilización en carreteras no, donde los vehículos fluyen en el terreno natural, libre de vegetación, en algunos casos con revestimientos ligeros y deficiencia en el drenaje. La parte principal es la

---

<sup>18</sup> Según Núñez, 2017

subrasante. En la Figura N° 1 se muestra la sección transversal de un camino no pavimentado; se aprecia la subrasante como material de cimentación del pavimento.

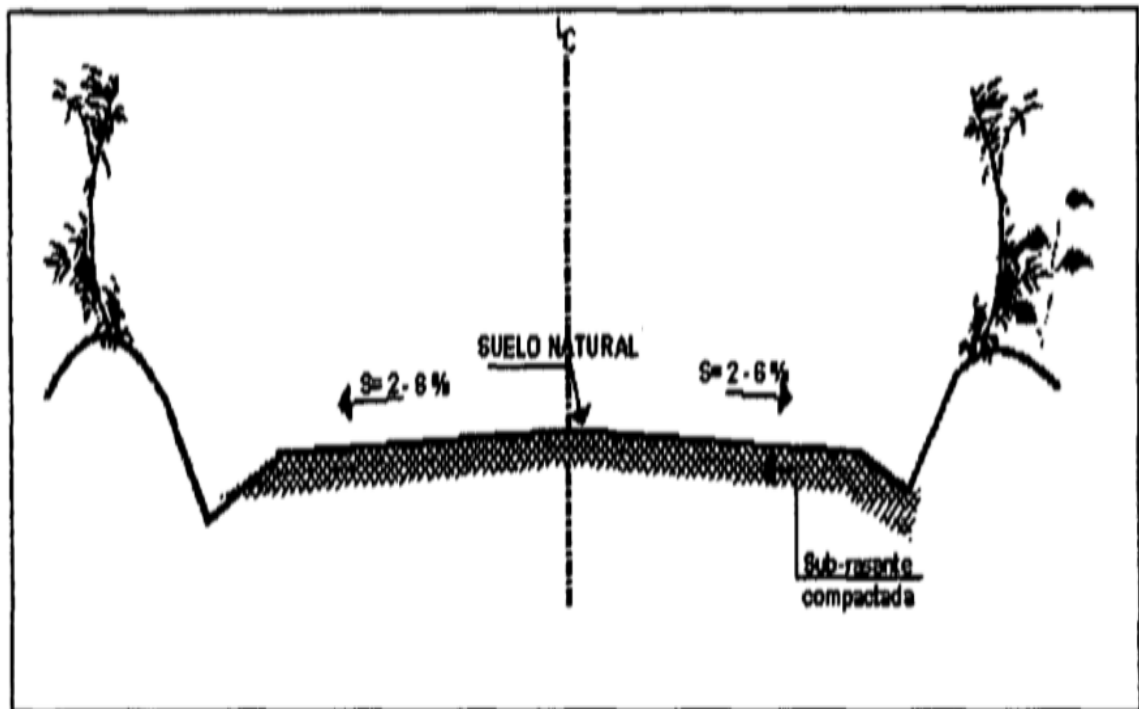


Figura 1. sección transversal de un camino no pavimentado.

En la figura 2, puede observarse las diversas técnicas de estabilización, que surgen del estudio de ingeniería, por lo que tenemos; la estabilización mecánica, que incorpora las opciones de compactación, mezcla de suelo, precarga, vibro flotabilidad y la utilización de geo sintéticos; la estabilización eléctrica, que implica electroósmosis, estabilización térmica, que contiene, dos métodos por enfriamiento y calentamiento; Por último, una de las técnicas más contempladas en la actualidad es la estabilización química, que incorpora la utilización de cal, asfalto, cemento, aditivos con polímeros, aditivos a base de enzimas, aditivos con aceites sulfonados, productos con sales.



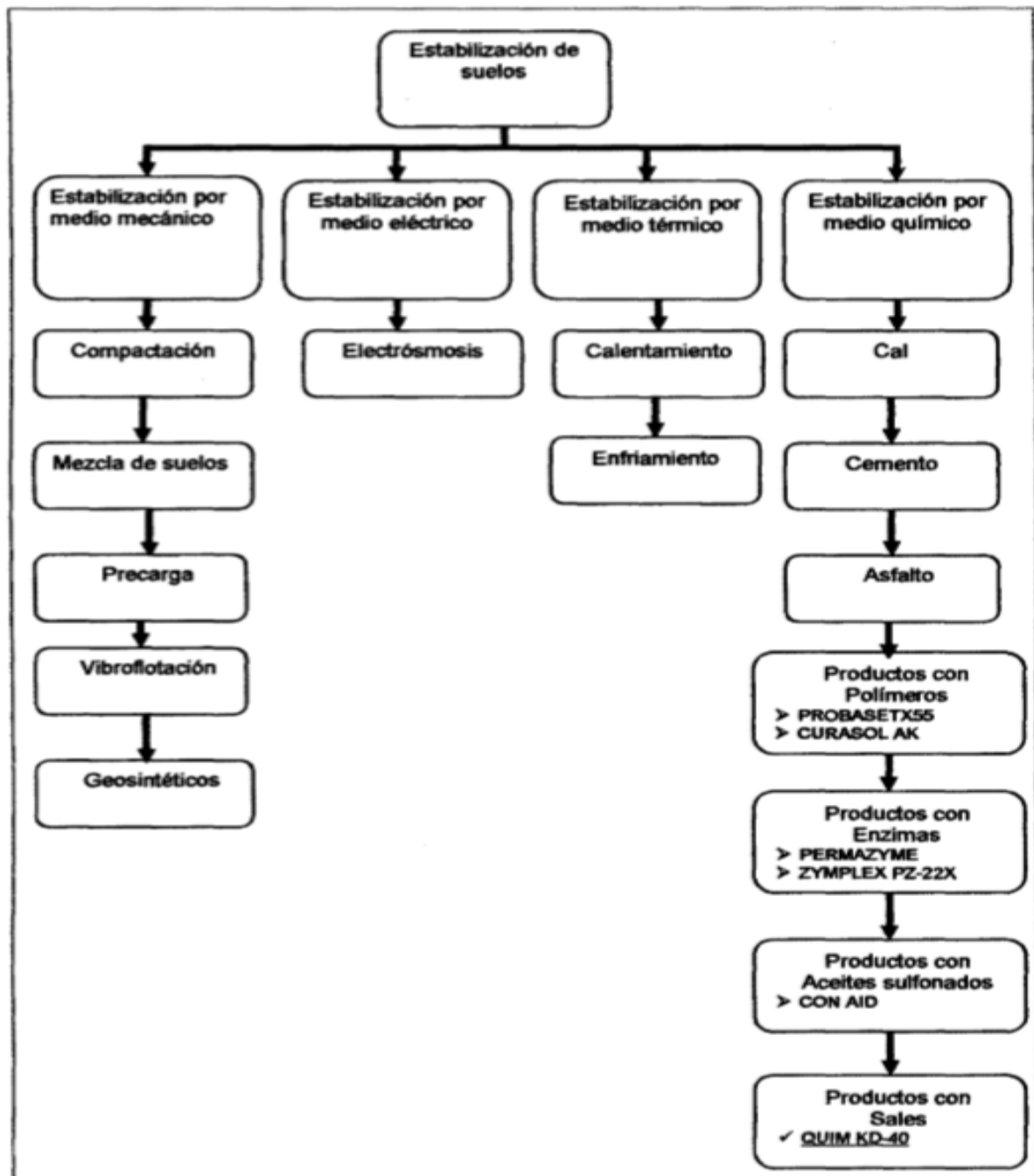


Figura 2. Esquema de los métodos de estabilización.

La estabilización de los suelos puede darse a través de distintas técnicas, estas se indican y se adaptan de acuerdo con la finalidad de la obra, por el costo y en particular por las características de los materiales y de suelos que serán corregidos (MALKO ,2018)<sup>19</sup>

<sup>19</sup> (MALKO ,2018)

**Estabilización química:** Según Ravines ,2017<sup>20</sup>: Es utilizado incorporando productos estabilizantes; normalmente se utilizan cemento, cal, asfalto, cemento portland, entre otros. Mediante esta innovación de ajuste, se intenta crear una respuesta química entre el suelo y el estabilizante generador para lograr la alteración de las cualidades y propiedades del suelo; aprovisionar dándole una capacidad más prominente de reaccionar a las cargas dinámicas a las que estará expuesto. (p.15). Según lo mencionado este proceso de estabilización se fundamenta genéricamente en la administración de productos químicos estabilizantes a un suelo, estos serán aplicados uniformemente en el suelo a tratar y siguiendo lo requerido en las especificaciones técnicas del producto a utilizar. Este proceso actuara solidificando, creando una reacción con las partículas de suelo, aglomerándolas, sellando poros; haciendo que el suelo sea repelente al agua. Estos agentes estabilizantes cumplen diversas funciones entre las más importantes se encuentra la propiedad de cubrir e impermeabilizar las capas del suelo haciéndolas más rígidas y estables creando una perfecta adhesión entre partículas. En el caso que se trabaje en superficies arcillosas tendrá un efecto fastuoso disminuyendo la plasticidad.

**Principios geotécnicos en la estabilización de suelos:** La realización de una estabilización tiene el propósito de aumentar las propiedades de resistencia y soporte del suelo, dejándolo adecuado para su uso más efectivo y económico. Es inapropiado que la capacidad portante (CBR) esté por debajo del 6%, posiblemente debido a la presencia de mucha humedad o relleno no controlado, si se observa dicho problema es necesario hacer un estudio con el fin de mejorar las características del suelo, por tal motivo se debería realizarse una estabilización mecánica y / o adicionar productos químicos. (Manual de Carreteras; Diseño Geométrico ,2017, pág. 92).<sup>21</sup>

**Plasticidad:** Característica que poseen aquellos suelos cuyo contenido de agua o su condición mineralógica hacen que se deformen sin cuartearse, se dice que esta propiedad es más predominante en suelos arcillosos. Para un mejor estudio de esta propiedad en 1911 Albert Mauritz Atterberg estableció límites para diferentes estados del suelo esto se sustenta generalmente en la teoría que un

---

<sup>20</sup> Según Ravines ,2017

<sup>21</sup> (Manual de Carreteras; Diseño Geométrico ,2017, pág. 92).

suelo de consistencia fina por su contenido de humedad se puede encontrar en cuatro estados:

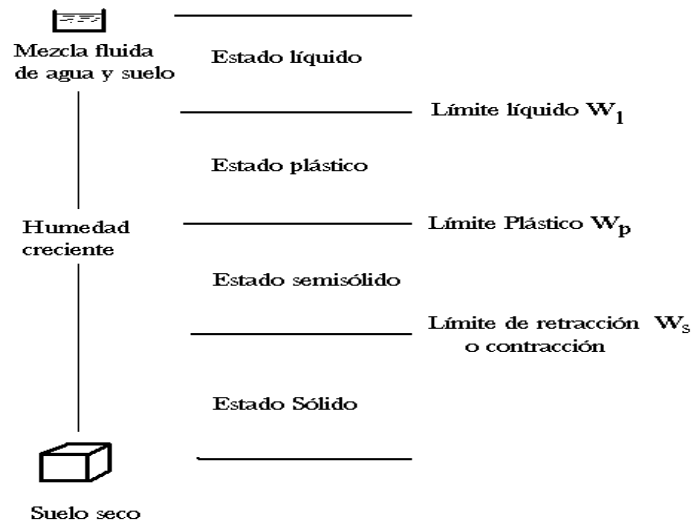


Figura 3. Límites de Atterberg.

En el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito se encuentra establecido características de plasticidad a tomar en cuenta si la superficie de la vía en estudio no ha recibido tratamiento superficial por varios años:

Clima	Características de la plasticidad para la capa superficial del afirmado	
	Límite líquido No debe exceder (%)	Rango de plasticidad (%)
Húmedo - lluvioso	35	4 - 9
Árido - Seco	55	15 - 30

Figura 4. Particularidades de la plasticidad para el manto exterior del afirmado.

**Permeabilidad:** Montejo, (2018)<sup>22</sup> nos dice: Se puede determinar al suelo permeable cuando ésta muestra cavidades que conceden imbibición del agua y que están interconectados entre sí para que pueda pasar el agua fácilmente,

<sup>22</sup> Montejo, (2018)

sino sucediera esto; con espacios vacíos mínimos, entonces el suelo se vuelve impermeable. Mejorándose mediante posesos de compactación, depende la estructura del suelo, cuanto este sea más menudo la permeabilidad será más lenta (pág. 79). De acuerdo a lo citado podemos entender que la permeabilidad es la capacidad de un suelo que permite el paso de un flujo a través de sus poros. La característica de permeabilidad no lo poseen todos los suelos ya que existen suelos impermeables como las arcillas en las cuales el flujo de agua en mínimo. **Comprensibilidad:** Montejo, (2018)<sup>23</sup> nos dice: Rasgo donde la argamasa del suelo aminora su volumen cuando existe presencia de una carga. También altera la magnitud variando la estabilidad del suelo. Cuando hablamos de suelos con grano grueso dentro de este tipo encontraremos arenas y gravas donde la comprensibilidad es ínfima. en tanto, en los suelos arcillo -limoso, si hay una adecuada compactación se observara una reducción en su volumen. (pág. 79). Como menciona el autor la compresibilidad es un a propiedad que tiene un suelo para de crecer en volumen cuando a esta se le aplica una carga. Es mínima en suelos de textura gruesa y máxima en suelos que contienen por lo menos 50% de limo + arcilla.

**Enzimas orgánicas:** Las enzimas son biocatalizadores de partículas de suelo, presentándose como sustancias orgánicas superconcentradas. Que cumplen el rol de perfeccionar las propiedades geotécnicas del suelo, Mejora la cimentación entre los elementos, densidad, resistencia, dando como resultado mejor capacidad de su masa (Eujine 2017)<sup>24</sup>. Las enzimas están diseñadas para actuar como agentes de liberación que promueven la cementación e impermeabilización de partículas de suelos en lugar de productos convencionales como la cal y el cemento. Cuando son añadidas con agua en el suelo, estas enzimas catalizan reacciones químicas que generar productos químicos que se mezclan con partículas minerales " soldando" todos los componentes de la masa terrestre. Acciones secundarias implica la lubricación de partículas y la reducción de tensión superficial, permitiendo mayores densidades en compactación, ofreciendo así una mayor resistencia a la carga.

**Aditivos a base de aceite sulfonado:** Los aceites sulfonados vienen a ser

---

<sup>23</sup> Montejo, (2018)

<sup>24</sup> (Eujine 2017)

elementos catalizadores que ocasionan un cambio iónico; en terminología química son composiciones de origen orgánico procedente de la combinación de sulfuros y ácidos. Su actividad más significativa disminución de agua presente en el estrato de suelo, acrecentando la cantidad de vacíos proporcionando un acomodamiento de las partículas, este proceso se puede dar por una adherencia entre las mismas o mediante técnica de compactación, el aceite sulfonado es soluble en agua, a la cual provee de iones para incrementar y mejorar la conductividad dando facilidad al intercambio catiónico, esto le exige desligarse de porciones de arcilla transformándolas en agua liberada, con capacidad de cambiar cargas eléctricas con cationes de la arcilla, en su etapa final equilibra forzando de modo constante la pérdida de agua. Los resultados finales que trae consigo el empleo de aceite sulfonado en general en suelos arcillosos es la reducción de orificios intersticiales con ello reducir la permeabilidad contestación verídica a la compactación y también mejorando la densidad del suelo.

**Estabilización con aceites sulfonados:** Las ventajas y factores positivos para esta estabilización abarcan muchos puntos tal como: Las reacciones finales obtenidas se resumen en lo siguiente: los equipos usados son los mismos que para el trabajo normal, los suelos adquieren una gran trabajabilidad, los costos son bajos, el suelo puede reubicarse en cualquier momento porque no pierde sus características adquiridas, reducción de absorción de agua aumentando de este modo la capilaridad perdida de succión y capacidad de expansión, garantiza una mayor protección de la capa con factores climáticos como heladas y humedad excesiva, extiende la vida de la capa proporcionando mejora y comodidad al tráfico porque inhibe la aparición de defectos. Las reacciones finales obtenidas se resumen en lo siguiente: Disminución del índice plástico, de un 15 a 40%. Disminución del hinchamiento, de 50 a 100%. Incremento de la Ds. Max. (entre 3 a 5). Aumento del CBR.

**Carreteras:** Gutiérrez, (2017)<sup>25</sup> nos dice: Son vías de espacio abierto para ser usadas por el público, planificada y construida básicamente para el desplazamiento de vehículos terrestres. La carretera se diferencia de un camino del hecho de que la primera está destinada extraordinariamente al desarrollo

---

<sup>25</sup> Gutiérrez, (2017)

vehicular del transporte. El plan de diseño de una carretera y su correspondiente al área superficial de rodadura reacciona a una exigencia colectiva social y monetaria defendida; en otras palabras, las dos ideas se asocian para establecer los atributos técnicos y físicos que la carretera proyectada debe poseer con el objetivo de que los resultados esperados sean los ideales, en provecho de la población que depende del servicio, lo cual a menudo está en disposiciones limitadas muy reducida de recursos locales y nacionales. Las carreteras fueron desde hace mucho tiempo la vía primordial para desplazarse de un sitio a otro y la vía general para la el reparto de mercadería. Al enlazar los poblados, con las grandes urbes, y al confortar la unificación de países, las carreteras son esenciales para el progreso de muchas tareas en el mundo. Hoy en día, frente a un universo más constituido que cambia más bienes y servicios, la significancia de las carreteras incrementa de manera notable, transformándose realmente en vías que promueven el impulso, la competencia de la economía así mismo a la prosperidad social. (p.20). Según lo expuesto en el párrafo anterior se puede entender que una carretera es un ajuste de una faja en la superficie de un terreno que cumpla las condiciones necesarias para el tránsito de vehículos; estas vías nacen de una necesidad social y económica. **Clasificación de carreteras. Según su función. Red vial primaria.** Gutiérrez, (2018)<sup>26</sup> menciona: “Se cataloga como SISTEMA NACIONAL, está formada por carreteras que enlazan las ciudades más importantes del Perú con puertos y fronteras” (p. 24). **Red vial secundaria:** Gutiérrez, (2018)<sup>27</sup> menciona: “Llamado también SISTEMA DEPARTAMENTAL, lo conforma las carreteras troncales departamentales” (p. 24). **Red vial terciaria:** Gutiérrez, (2017) menciona: “También llamado SISTEMA VECINAL lo constituyen Caminos troncales vecinales, caminos rurales los cuales unen pequeñas poblaciones” (p. 24). **Por su demanda:** Esta clasificación se distribuye de la siguiente manera: **Autopistas de primera clase:** Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2018)<sup>28</sup> nos dice: Son vías con un Índice Medio Diario superior a 6000 veh/día, las calzadas son divididas mediante un separador menor a 6,00 m; cada calzada cuenta con dos a más carriles de ancho 3,60 m.

---

<sup>26</sup> Gutiérrez, (2018)

<sup>27</sup> Gutiérrez, (2018)

<sup>28</sup> Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2018)

La zona de rodadura de este tipo de vías es pavimentada. (p. 12). **Autopistas de segunda clase:** Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2019)<sup>29</sup> nos dice: “Son vías que se caracterizan por tener un IMDA dentro de 6000 y 4001 veh/día, con calzadas separadas cada una de ellas cuenta con dos a más carriles con un ancho de 3,60 m de ancho. Estas carreteras deben encontrarse”. (p. 12). **Carreteras de primera clase:** Según el manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2017)<sup>30</sup> nos dice: “Se trata de vías con un IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, que consta de una calzada con dos carriles de 3,60 m de ancho como. La capa de rodadura tiene que ser pavimentada”. (p.12). **Carreteras de segunda clase:** Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2018)<sup>31</sup> nos dice: Estas carreteras tienen un IMDA en medio de 2000 y 400 veh/día, consta de una sola superficie de calzada con dos carriles de ancho 3.30 m. cuenta con intersecciones vehiculares a nivel y en sectores urbanos se recomienda la existencia de puentes, el área de rodadura debe encontrarse pavimentada. (p.12). **Carreteras de tercera clase:** Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2018)<sup>32</sup> nos dice: “Este tipo de carreteras poseen un IMDA bajo a 400 veh/día, con una sola calzada de dos carriles con ancho exiguo de 3,00 m. en algunas excepciones los carriles tendrán un ancho 2.50 para ser aplicable debe tener sustentación técnica conveniente.” (p.13). Según lo estipulado en el manual estas carreteras pueden desempeñar en condiciones básicas de no ser este el caso y querer una vía pavimentada se deben tomar en cuenta las consideraciones determinadas para carreteras de segundo orden. **Trochas carrozables:** Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2017)<sup>33</sup> nos dice: Estas vías no logran satisfacer los requerimientos geométricos para carretera comúnmente tiene un IMDA inferior a 200 veh/día. La amplitud de su calzada debe ser de 4,00 m, si se da la ocasión de incluir ensanches esta será de 5.00; en este caso puede tener una superficie afirmada o no. (p.13). **Por su orografía:** De acuerdo a la orografía sobresaliente del terreno, se organizan de la siguiente manera: **Superficie plana:** Tomando en cuenta el Manual de Carreteras; Diseño

---

<sup>29</sup> Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2019)

<sup>30</sup> Según el manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2017)

<sup>31</sup> Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2018)

<sup>32</sup> Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2018)

<sup>33</sup> Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2017)

Geométrico (2017)<sup>34</sup> nos menciona: “Son aquellas donde la pendiente longitudinal está por debajo del 3 % y la transversal es igual o menor a 10%, su trazo es sencillo y no requiere de un exhausto traslado de tierras.” (p.14).

**Superficie ondulada:** De acuerdo al Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2017)<sup>35</sup> nos dice: Son aquellas con pendiente transversal de 11% a 50%, la pendiente longitudinal varía entre 3% y 6 %, aplicando un sobrio movimiento de tierras, esto nos dará como resultado alineamientos poco precisos, con pocos problemas a la hora de realizar el trazo. (p.14).

**Superficie accidentada:** Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2017)<sup>36</sup> nos dice: “Son aquellas donde el eje transversal varía entre 51% y 100%, la pendiente longitudinal dominante se encuentra entre 6% y 8%, ello demanda de un considerable movimiento de tierras, su trazo es un tanto complicado.”. (p.14).

**Superficie escarpada:** Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2018)<sup>37</sup> nos dice: “La pendiente trasversal esta sobre 100%, la pendiente longitudinal mayor a 8 % demanda un arduo movimiento de tierras, su trazo es complicado.” (p.14).

**Clasificación según el tipo de superficie de rodadura. Carreteras pavimentadas:** Gutiérrez (2016)<sup>38</sup> nos dice: Este tipo de carreteras corresponden a superficies formadas por una estructura de diferentes capas. Las carreteras de prototipo pavimentado son aquellas vías que ostentan una estructura formada por una o más capas de materia seleccionada provisionalmente manipulado (pavimento), que se distribuye en la subrasante con el fin de darle una superficie apropiada y sólida basándose en requisitos ambientales que hagan frente a requerimientos empantanados por el tránsito. (p.26).

**Carreteras no pavimentadas:** Gutiérrez (2017)<sup>39</sup> nos dice: “Estas carreteras tienen la característica de no haber pasado por un proceso de pavimentación, poseen una ligera capa ya sea de asfalto o en algunos casos pasan por un proceso de mejoramiento (estabilización) usando algún tipo de aditivo.” (p.26). La red vial peruana en su mayoría son vías no pavimentadas esto quiere decir que la base de dichas carreteras se conforma

---

<sup>34</sup> Diseño Geométrico (2017)

<sup>35</sup> Diseño Geométrico (2017)

<sup>36</sup> Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2017)

<sup>37</sup> Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2018)

<sup>38</sup> Gutiérrez (2016)

<sup>39</sup> Gutiérrez (2017)



por material de afirmado en el caso de las trochas carrozables están conformadas por el terreno natural en algún caso mejorado con grava. El manual de diseño para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, considera fundamentalmente la utilización de los materiales y el tipo de superficie precisado en la siguiente figura:

Carretera de BVT	IMD Proyectado	Ancho de Calzada (M)	Estructuras y Superficie de Rodadura Alternativas (**)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16-50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	<15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

Figura 5. Particularidades genéricas para superficies de rodadura de las carreteras con tenue volumen de tránsito.

#### **Desgaste en vías sin pavimentar. Explicación del mecanismo de deterioro:**

Gutiérrez (2016)<sup>40</sup> nos dice: El desgaste de una carretera no pavimentada a diferencia de la pavimentada tiene un curso evolutivo demasiado apresurado. Los co

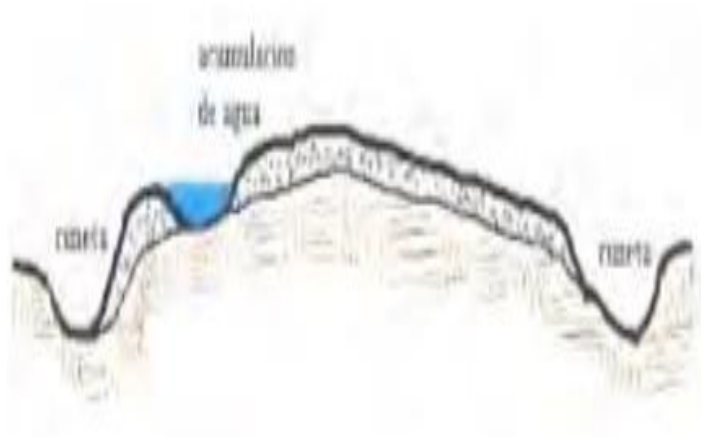
mponentes más finos al juntarse con la humedad crean una aglomeración respecto a las partículas más grandes, estas al ser sometidas a un acto de abrasión por parte de los neumáticos llegan a polvorizarse en condiciones secas. (p.27). Según lo expuesto por Gutiérrez este proceso de desgaste se evidencia con la presencia de polvo, quedando partículas gruesas expuestas al tránsito lo cual intensificara de manera consecutiva el desgaste de la capa de rodadura a esto se le suma las condiciones climáticas como las constantes lluvias y también los procesos de deshielo. **Imperfecciones usuales en vías sin pavimentar:** Coronado (2018)<sup>41</sup> nos dice: Las imperfecciones más recurrentes en carreteras

<sup>40</sup> Gutiérrez (2016)

<sup>41</sup> Coronado (2018)

sin pavimentar fueron tratadas a fondo por el organismo ingenieril de los Estados Unidos, los cuales realizaron la publicación de un estudio denominado “Unsurfaced Road Maintenance (Special Report 87-15)” en el año 1987, dicho estudio fue modernizado, restaurado en reportes realizados 1992 y 1996. Esta investigación se centró en evaluar evaluación de la proporción y dificultad de los desperfectos se logró identificar siete problemas que se mencionan a continuación:

- Sección transversal inadecuada.



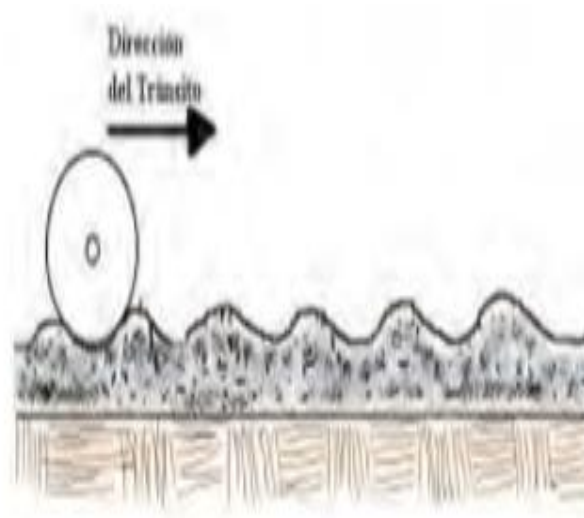
*Figura 6. sección inadecuada.*

- Drenaje inadmisibile



*Figura 7. Drenaje inadmisibile.*

- Ondulaciones:



*Figura 8.* Ondulaciones.

- Exceso de polvo



*Figura 9.* Exceso de polvo.

Según lo mencionado el deterioro de vías no pavimentadas se rige a diferentes fenómenos que lo ocasionan desde un mal drenaje o simplemente la no existencia de elementos de drenaje en la estructura de la carretera lo cual produce la formación de charcos ya que las aguas no tienen una evacuación correcta y se almacena en la plataforma. Otro factor causante del deterioro es la presencia de ondulaciones estas distorsiones se aprecian en la superficie de la

carretera esto debido al contante movimiento vehicular, mala capacidad de soporte, merma de presencia de finos o estratos granulares de naturaleza mala, a este punto se suma el exceso de polvo que perjudica a la población y a su salud. **Sistema vial peruano:** La red vial nacional se conforma de más de 172,000 km. de carreteras, estructurada en tres conjuntos: las longitudinales, las vías de penetración y las de enlace. La organización encargada de dirigirlas es PROVIAS, la cual es una entidad descentralizado perteneciente Ministerio de Transportes y Comunicaciones, su trabajo fundamental conservar y extender las vías. Se prosigue detallar lo expuesto en una tabla suministrada por el Sistema Nacional de Carreteras del Perú, que clasifica de acuerdo al tipo de superficie.

**Tabla 1. Resumen general del SINAC.**

Red vial de SINAC (N° de rutas)	Existente por tipo de superficie de rodadura					Proyectada	Total
	Pavimentada	No pavimentada			sub total		
		Afirmada	No Afirmada	Trocha			
Nacional (133)	17411.5	6060.7	1053.9	1262.8	25788.9	1761	27549.9
Departamental (393)	2429.8	14381.3	4477.7	3723.4	25012.2	4123.6	29135.8
Vecinal (6240)	1924.1	28483.9	27129.4	57127.4	114664.8	683	115347.8
Registrada	1506.9	15295.1	12719.8	23865.3	53387.1	111.2	53498.3
No Registrada	417.7	13188.8	14409.6	33262.1	61278.2	571.8	61850.0
<b>Total</b>	<b>21765.4</b>	<b>48925.9</b>	<b>32661.0</b>	<b>62113.6</b>	<b>165465.9</b>	<b>6567.6</b>	<b>172034</b>

Fuente: SINAC Elaborado: GTT-31 de diciembre del 2011

### III. METODOLOGÍA.

#### 3.1. Tipo y Diseño de investigación:

**Tipo de investigación:** Para Ibáñez, 2017<sup>42</sup>: “La investigación de tipo aplicada pretende dar soluciones de forma práctica a los problemas concretos, y no pretende desarrollar teorías o principios” (pág. 42). Es una investigación de tipo aplicada porque tomaremos como base estudios, Esta investigación presenta conocimientos ya planteados y procesos descritos para solucionar un determinado problema con teorías previas que sirven de sustento y ayudan a dar mayor profundidad a la investigación.

**Diseño de investigación:** la presente investigación es de tipo experimental como su mismo nombre lo indica se realizará experimentos en este caso ensayos, aremos manipulación de una de las variables determinaremos el nivel que incurre y el comportamiento de la otra variable. Según Arias, (2018)<sup>43</sup>: "la investigación experimental es un mecanismo que radica en imponer una acción a una cosa o conjunto de personas, donde el investigador manipula una variable a determinadas condiciones (variable independiente) y determina las reacciones que se originan (variable dependiente)". El tipo de experimento a utilizar será el cuasiexperimento la característica principal es el control de las variables. En esta prueba los grupos no son elegidos al azar.

**Nivel de investigación:** Hernández, (2018)<sup>44</sup> menciona: “La investigación busca detallar las cualidades, atributos de rasgos de individuos, categorías, asociación, técnicas, elementos los cuales están o expuestos a un estudio.” (p.80). Según lo mencionado el nivel de investigación es descriptivo – explicativo, recolecta testimonios de manera individual o colectiva sobre las variables, pretende especificar propiedades y características de ellas.

**Enfoque de investigación:** Valderrama, (2017)<sup>45</sup> menciona lo siguiente: La metodología cuantitativa es un método para completar un examen, es una dirección filosófica o una ruta hacia adelante que el especialista escoge para

---

<sup>42</sup> Ibáñez, 2017

<sup>43</sup> Según Arias, (2018)

<sup>44</sup> Hernández, (2018)

<sup>45</sup> Valderrama, (2017)

hacer un examen. Estas son proyecciones de metodologías filosóficas que incluyen tener ciertos orígenes de la maravilla que uno necesita investigar. Se describe porque utiliza la nueva cita y el examen de la información para responder al plan del problema de exploración; igualmente utiliza estrategias o sistemas de hechos para diferenciar la realidad o el engaño de la teoría. (p.106). Es cuantitativa porque los datos a obtener se hallan en forma de números por esto su relación se encuentra basado en la medición, esta recopilación se da mediante procesos estandarizados y aceptados por otros investigadores.

### 3.2. Variables, operacionalización.

**Variable:** Hernández, (2018)<sup>46</sup> nos dice: “La variable es una cualidad que puede modificar una definición cuya variación está dispuesta de contarse u observarse” (p.105).

**Variables independientes:** Pino, (2017)<sup>47</sup> nos dice: “La variable independiente es aquella que el experimentador ajusta voluntariamente para ver si sus alteraciones causan o no cambios en las diferentes variables existentes.” (p.134)

**VI 1(X):** Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado.

**Variable dependiente:** Pino, (2018)<sup>48</sup> nos dice: “Actúa como el impacto de una razón que aplica presión. Debe notarse que estos asignan los factores a ser aclarados, los impactos o resultados con respecto a los cuales debe buscar una explicación o propósito de ser”. (p.134).

**VD (Y):** la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022.

**Operacionalización de variables:** Jiménez, (2017)<sup>49</sup> nos dice: “La operacional comprende una progresión de técnicas o signos para cuantificar una variable caracterizada teóricamente.” (p.15). Según lo citado la operacionalización es el desarrollo mediante el cual se reforman las variables de nociones imprecisas a unidad de cálculo. Este proceso se

---

<sup>46</sup> Hernández, (2018)

<sup>47</sup> Pino, (2017)

<sup>48</sup> Pino, (2018)

<sup>49</sup> Jiménez, (2017)

detalla mediante una matriz de operacionalización adjunta en el Anexo N°2.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** Hernández, 2017<sup>50</sup>, Afirma que: “Población viene a ser conjunto de elementos que coincidan con varias de las descripciones”. Para esta investigación se toma en consideración como población la carretera no pavimentada entre la Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real que ésta se encuentra ubicada en:

Departamento : Lima  
Provincia : Carabaylo  
Distrito : Carabaylo

**Muestra:** El ejemplar muestral es una fracción de la población, del mismo también expresa que es una parte de componentes que corresponden a ese grupo delimitado de acorde a su naturaleza al que denominamos población. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017).<sup>51</sup> Para la presente investigación se toma en cuenta los criterios dados en el manual de carreteras sección suelos y pavimentos (MTC, 2013).<sup>52</sup> En esta tesis la muestra serán 3 000 metros, se optó por realizar 2 calicata por criterio profesional y geotécnico en el km 7+500 de la Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real. 1 tipos de aditivo: Aceite Sulfonado, 3 dosificaciones de los aditivos: C-1 Aceite Sulfonado, 0.04lt/m<sup>3</sup>, 0.07lt/m<sup>3</sup>, 0.09lt/m<sup>3</sup> C-2 Aceite Sulfonado, 0.02lt/m<sup>3</sup>, 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.04lt/m<sup>3</sup>.

**Muestreo:** El tipo de muestro es no probabilístico porque puede haber un incuestionable influjo del indagador académico, pues este elige la muestra obedeciendo a causas de conveniencia.

**Unidad de análisis:** Carretera no pavimentada.

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

**Técnica:** Según Muñoz (2017)<sup>53</sup> menciona: “La observación es un método fundamental de toda investigación, en ellas se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos” (p.8). Se entiende por recopilación de

---

<sup>50</sup> Hernández, 2017

<sup>51</sup> (Hernández, Fernández, & Baptista, 2017).

<sup>52</sup> (MTC, 2013).

<sup>53</sup> Según Muñoz (2017),

datos a la disposición de diferentes técnicas y mecanismos que son aplicadas por el analista con el fin de exponer los sistemas de información. Esto aportara a un conocimiento más amplio sobre nuestras unidades de estudio. Las técnicas a utilizar dentro de la presente investigación serán la observación y experimentos.

**Instrumento de recolección de datos:** Los instrumentos vienen a ser la vía material que utiliza el indagador para recolectar y obtener la información. Los instrumentos a utilizar en este trabajo será la ficha de recolección y los ensayos de laboratorio.

**TABLA 2.** *Ficha de recolección de datos.*

PROBLEMA QUE PRESENTA LA VIA	EXISTE (E)	NO EXISTE (NE)
Transito liviano		
Transito pesado		
Polvo en la vía		
Desprendimiento de agregado		
Inadecuado mantenimiento		

Fuente: elaboración propia

Ensayos de laboratorio:

Ensayo CBR

Ensayo Proctor

Ensayo granulométrico

Ensayo de compresión simple no confinada

**Validez:** La Torre (2017)<sup>54</sup> menciona: “Validez es cuanto la medida que refleja con precisión la calidad, la medición de característica dimensión que se ambiciona medir [...], la validez se otorga en varias categorías y es importante retratar el patrón de validez de la prueba.” (p.74). La validación de nuestros instrumentos se realizará mediante el discernimiento de 3 expertos calificados dentro del área de ingeniería civil, la pormenoriza de la validación de los instrumentos a utilizar, se especifica en el Anexo N° 3.

**Confiabilidad:** Para (Mejía, 2017)<sup>55</sup> “La confiabilidad es establecer que tan confiable, congruente o estable es el instrumento que se ha producido.” (p. 27)

<sup>54</sup> La Torre (2017)

<sup>55</sup> (Mejía, 2017)



Según lo mencionado por Mejía, dice que una herramienta es fiable si provoca resultados consistentes al ser aplicado en distintos tiempos. Los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio serán válidos ya que se presentará una ficha donde consta que todos los equipos de laboratorio a utilizar se encuentren calibrados por lo tanto obtendremos valores veraces.

**3.5. Procedimientos:** Primeramente se realizara inspección del tramo de la Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real para lograr las muestras representativa tomando en cuenta la condición de esta y posteriormente se procede a realizar calicatas para preparar los ensayos donde se colocara en el afirmado, se trasladan las mismas al laboratorio para ser analizada a través de los experimentos a realizar estarán a cargo un Ingeniero y de un Técnico Especializado en cada una de las áreas que permitirán garantizar una validez y una confiabilidad en los resultados empleados en todo el procedimiento de cada ensayo Transportes y Comunicaciones (MTC).

**3.6. Método de análisis de datos:** De acuerdo con Valderrama (2018)<sup>56</sup> “A raíz de la adquisición de la información, la etapa posterior es desglosarlos para responder a la pregunta principal y, si es importante, reconocer o descartar la teoría bajo investigación.” (p.229). Para tener un mejor y adecuado examen de datos se sugiere seguir las siguientes fases:

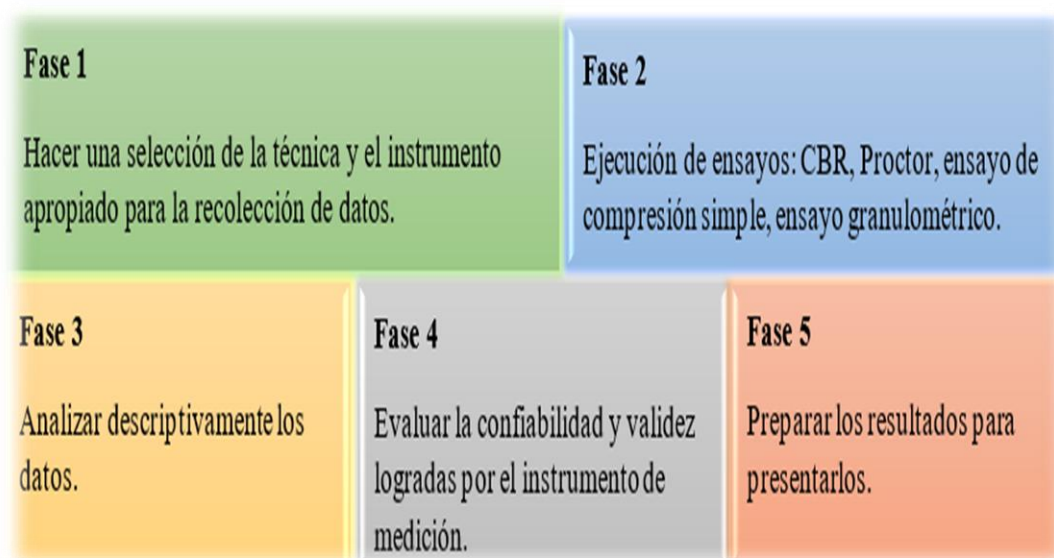


Figura 10. Fases para el estudio de datos.

<sup>56</sup> Valderrama (2018)

La realización de los ensayos pertinentes para adquirir los datos y posteriormente su análisis se detalla en la siguiente tabla, se precisa el nombre del ensayo, su duración y lo que se lograra obtener.

**Tabla 3.** *Ensayos de laboratorio a emplear.*

	ENSAYO	TIEMPO QUE DURA	RESUMEN DE LO QUE SE OBTIENE
1.	<b>Ensayo CBR</b>	11 días	Esta prueba consiste basicamente en compactar un terreno en moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicarle un punzonamiento sobre la superficie mediante un piston. La muestra pasara 7 días en reposo y por 4 días de curator. A través de este procedimiento se obtendra lo que se llama el indice CBR.
2.	<b>Ensayo Proctor</b>	3 hr.	El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro normalizado, haciéndo variar la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad seca máxima a determinada Energiea de compactación, con este ensayo determinaremos la densidad seca máxima y el óptimo contenido de humedad.
3.	<b>Ensayo granulométrico</b>	2 hr.	Este ensayo basicamente hace la medición gradual de las partículas que conforman un suelo. Consiste en hacer pasar las partículas a través de una columna de tamices normalizados, se tamiza por un promedio de 8 minutos una vez concluido se procede a pesar el material retenido en cada tamiz, con los datos obtenidos se procedera hacer una curva granulométrica donde se visualice la tendencia homogénea de grano de las partículas. Gracias a este ensayo tambien obtendremos indicadores como el LL, LP, IP.
4.	<b>Ensayo de compresión simple</b>	1 hr.	Mediante la aplicación de una caraga axial con control de deformación y utilizando una muestra de suelo inalterada tallada en forma de cilindro, este ensayo nos permitirá obtener un valor de resistencia del suelo o esfuerzo ultimo de un suelo cohesivo a la compresión no confinada.

Fuente: elaboración propia.

**3.7. Aspectos éticos:** La ética es esa parte de la forma de pensar comprometida con la reflexión sobre el bien, y como un tipo de información que intenta ser fabricada razonablemente, utilizando para ello, la meticulosidad teórica y las estrategias para el examen y la clarificación de la teoría. Como una reflexión sobre cuestiones morales, esto significa mostrar las ideas y las contiendas que nos permiten comprender el componente ético del individuo humano. En esta investigación se pondrá en praxis el respeto un valor que se basa en la ética y moral de la actitud del ser humano, de este modo si nos enfocamos al ámbito académico, nos comprometemos en ser transparentes al colocar todo tipo de fuentes, sin omitir al autor y dar los créditos en la cual colocaríamos a través de referencias. Honestidad un valor que consiste en

la franqueza de la persona, en el aspecto académico, tenemos que ser transparentes al citar o nombrar algún autor, sin tomar fuentes omitiendo las referencias. Además, que se te tienen que tener fuentes confiables que aseguren la veracidad del proyecto de la investigación.

#### IV. RESULTADOS.

##### UBICACIÓN DEL PROYECTO

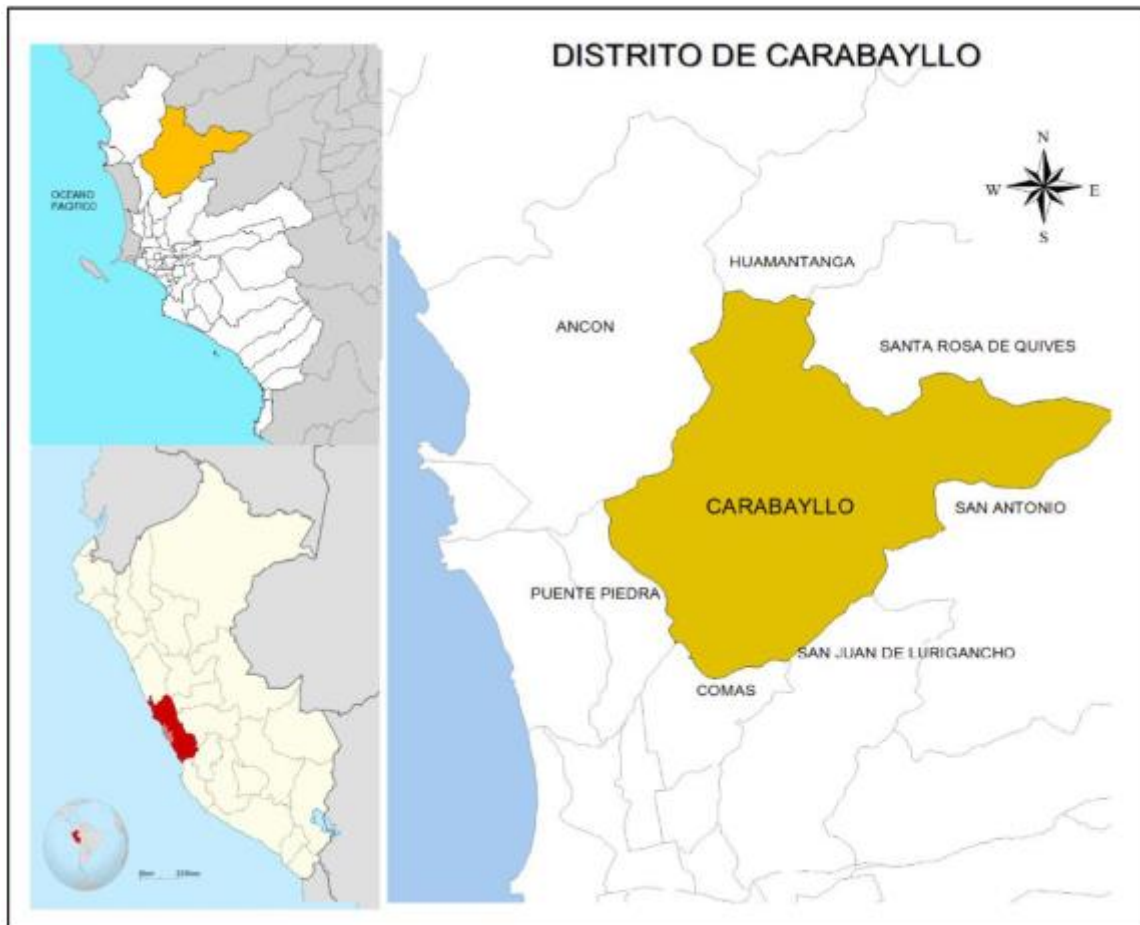
###### Nombre de la tesis

Estabilización mediante aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Av. Tupac Amaru con Av. Cámara Real, Lima – 2022.

###### Ubicación política.

La presente tesis se ejecutó en la provincia de Lima, Distrito de Carabayllo, con una altura de 230 Y 500 m.s.n.m. situado con la Latitud Sur  $11^{\circ}51'30''$ , Longitud Oeste  $77^{\circ}02'31''$ <sup>57</sup>.

**Figura 11. Mapa del del Distrito de Carabayllo**



Fuente: elaboración propia 2022

<sup>57</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI

### **Límites geográficos**

Los límites geográficos del distrito de Carabaylo son los siguientes:

Norte y Nor-Este : Con el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta.

Sur : Con el distrito de Comas.

Este : Con el distrito de San Juan de Lurigancho.

Oeste : Con el distrito de Puente Piedra y el distrito de Ancón.

### **Ubicación geográfica**

El distrito de Carabaylo presenta las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Sur 11°,51',30" y 11°,54', 22", y Oeste 76°, 48', 11" y 77°,02',31", contando con un área de 346.9 km<sup>2</sup> aproximadamente con una altitud entre los 200 m.s.n.m hasta los 530 m.s.n.m. Según la INEI hasta el 2017 contaba con una población de 333 045 habitantes.

**Figura 12. Vista del Distrito de Carabaylo**



Fuente: Diario el correo

## **Clima**

El clima que posee el distrito de Carabayllo es árido y semicálido, ya que en verano son caliente y nublados y los inviernos son largos, frescos y secos con poca presencia de nieblas que cubren el valle. Con una temperatura que varía entre los 15 °C hasta los 28 °C, teniendo una temperatura promedio de 18 °C durante el año.

## **Superficie del distrito**

La superficie del distrito de Carabayllo es de 346,88 Km<sup>2</sup> (Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, directorio nacional de Municipalidades Provinciales, Distritales y Centros Poblados (Periodo 2013).

En el presente informe se realizó el estudio de suelos al material de la carretera no pavimentada de la calicata realizada, que se usará en el mantenimiento periódico de la carretera no pavimentada, en Av. Tupac Amaru con Av. Cámara Real, Lima - 2022.

## **Resultados de los ensayos**

### **TRABAJO EN CAMPO.**

Se ejecuto una verificación para realizar el reconocimiento y luego analizar la zona en estudio Avenida Tupac Amaru con Avenida Camara Real, para lo cual se realizaron dos (02) calicatas, basados en las especificaciones de la Norma Técnica de Pavimentos Urbanos E.010.

### **TRABAJO EN LABORATORIO**

En este trabajo de Investigación, se obtuvieron los resultados en un laboratorio con muestras extraídas de la zona en estudio, para lo cual, se desarraigaron muestras de la subrasante provenientes de la Avenida Tupac Amaru y la Avenida Camara Real del Distrito de Carabayllo, Provincia y Departamento de Lima. De esta manera se hicieron ensayos de Granulometría, Contenido de Humedad, Clasificación de suelo, Límites de consistencia, Proctor modificado y CBR para la C-01 y C-02 de suelo natural. Ulteriormente se realizó ensayos con la adición de Aceite sulfonado

En dosis de 0.02, 0.03, 0.04, 0.07 Y 0.09 lt/m<sup>3</sup> respectivamente, con la finalidad de determinar la influencia de estas dosificaciones en el suelo.

**Objetivo específico 1:** Determinar de qué manera influye la dosificación de la adición de aceite sulfonado en las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022.

Se procederá a analizar: la granulometría, contenido de humedad límites de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO para las calicatas.

En el presente informe se realizamos el estudio de suelos al material de la carretera no pavimentada de la calicata realizada, que se usara en el mantenimiento periódico de la carretera no pavimentada, en Av. Tupac Amaru con Av. Cámara Real, Lima - 2022.

### **Análisis Granulométrico por tamizado**

El presente ensayo se realizo con el objetivo de hallar la clasificación según el tamaño de las partículas halladas en las dos (02) calicatas extraídas de la muestra utilizando los tamices los cuales están bajo las Normas Técnicas ASTM D-422 – NTP 339-128/MTC E 107.

**Figura 13: Ensayo granulométrico**



Fuente: elaboración propia.

**Calicata C – 01:** seguidamente se visualizarán los resultados encontrados en el respectivo ensayo en laboratorio de la calicata C-01.

**Tabla 4. Ensayo granulométrico C-1 por tamices ASTM Norma (MTC E-104-2000)**

MALLAS		C-1 M-1	
TAMICES ASTM	ABERTURAS (mm)	RET (%9)	PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.5		
2"	50.8		
1 1/2"	38.1		
1"	25.4		100
3/4"	19.05	6	94
1/2"	12.7	7	87
3/8"	9.525	9	78
1/4"	6.35	8	70
N° 4	4.76	5	65
N° 6	3.36	4	61
N° 8	2.38	3	58
N° 10	2	4	54
N° 16	1.19	4	50
N° 20	0.84	3	47
N° 30	0.59	6	41
N° 40	0.42	4	37
N° 50	0.297	3	34
N° 80	0.177	10	24
N° 100	0.149	4	20
N° 200	0.074	3	17
N° -200	0	17	0

Fuente: elaboración propia.

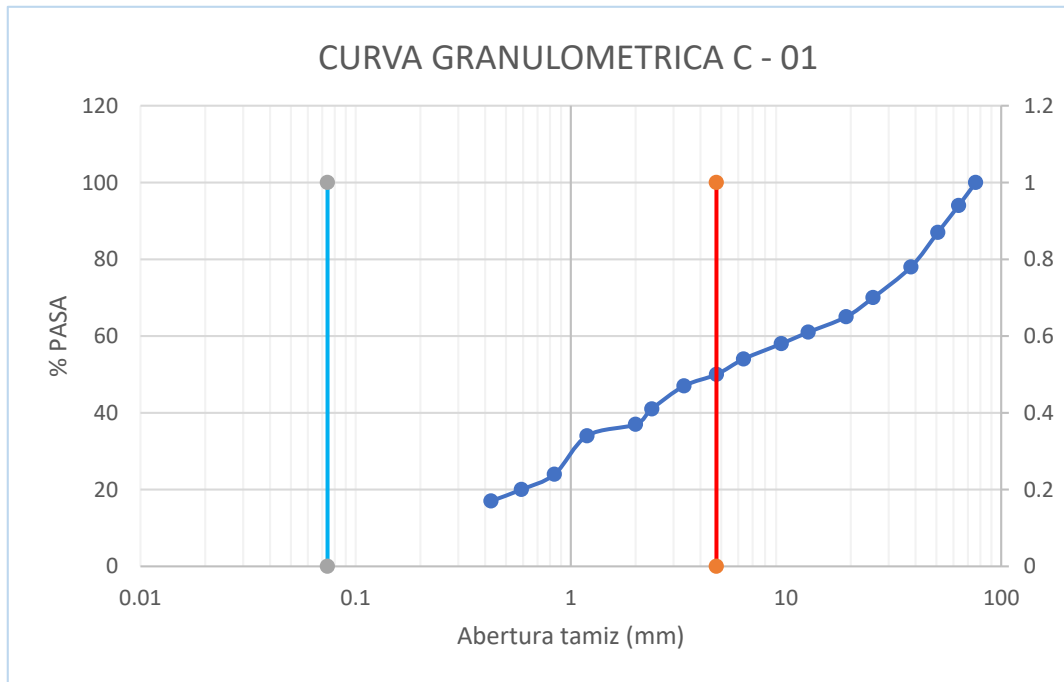
**Tabla N° 5: Composición granulométrica**

Calicata	% Grava	% arena	% finos
C - 01	48	35	17

Fuente: elaboración propia.



**Figura N° 14: Curva Granulométrica C-01**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la figura 14 se puede visualizar la variabilidad encontrado en la curva granulométrica en función del porcentaje de suelo (C-01) que pasa. obteniendo resultados del ensayo de la calicata C-01, el cual, nos indica que la composición del suelo estudiado en los diversos tamices es de 48 % de arenas y el 35 % son gravas y solo el 17 % son finos conformado por limo y arcillas.

**Calicata C - 02:** a continuación, se describen los resultados granulométricos hallados en el laboratorio de la calicata respectiva.

**Tabla 6. Ensayo granulométrico C-2 por tamices ASTM Norma (MTC E-104-2000)**

MALLAS		C-1 M-1	
TAMICES ASTM	ABERTURAS (mm)	RET (%9)	PASA (%)
3"	76.2	-	-
2 1/2"	63.5	-	-
2"	50.8	-	-
1 1/2"	38.1	-	-
1"	25.4	-	100
3/4"	19.05	6	90
1/2"	12.7	7	90
3/8"	9.525	8	84
1/4"	6.35	8	76
N° 4	4.76	4	70
N° 6	3.36	5	64
N° 8	2.38	3	60
N° 10	2	3	55
N° 16	1.19	4	52
N° 20	0.84	4	49
N° 30	0.590	5	45
N° 40	0.426	5	41
N° 50	0.297	3	35
N° 80	0.177	11	33
N° 100	0.149	4	22
N° 200	0.074	3	17
N° -200	-	17	-

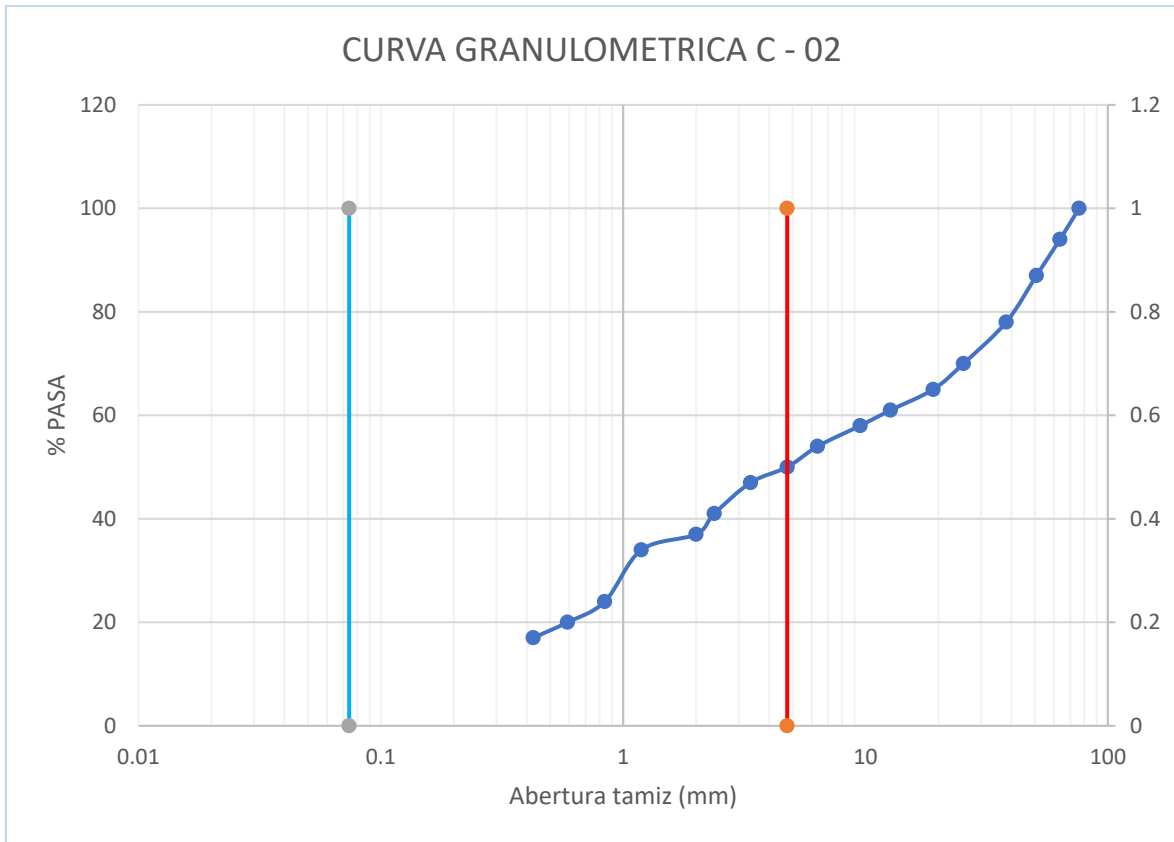
Fuente: elaboración propia.

**Tabla N° 7: Composición granulométrica**

Calicata	% Grava	% arena	% finos
C - 02	35	48	17

Fuente: elaboración propia.

**Figura N° 15: CURVA GRANULOMETRICA de la C-02.**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la figura 15 se puede visualizar la variabilidad encontrado en la curva granulométrica en función del porcentaje de suelo (C-02) que pasa. obteniendo resultados del ensayo de la calicata C-02, el cual, nos indica que la composición del suelo estudiado en los diversos tamices es de 35 % de arenas y el 48 % son gravas y solo el 17 % son finos conformado por limo y arcillas.

### Contenido de Humedad, límite de consistencia y clasificación de suelo:

Debemos indicar que el porcentaje de humedad, el límite de consistencia y la clasificación de suelos encontrados en el laboratorio en las calicatas C-01 y C-02 en la avenida Tupac Amaru y Avenida Camara Real fueron los siguientes:

**Tabla 8. Contenido de humedad y Limite de consistencia**

Calicata	contenido de humedad (%)	Límite de consistencia			clasificación	
		LL (Malla N° 40)	LP (Malla N° 40)	IP (%)	SUCS	AASHTO
C – 01	2.4	22	20	2	SM	A - 1-b (0)
C – 02	2.4	22	20	2	SM	A - 1-b (0)

Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** La tabla 8 nos muestra que el contenido de humedad en % de ambas calicatas es de 2.4, mientras que la clasificación de suelo SUCS SM nos indica que el suelo es de tipo arena – limo, en cuanto a la clasificación de suelo AASHTO A-1-b (0), incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de arena gruesa con o sin un ligante de suelo bien graduado.

### Límites de consistencia:

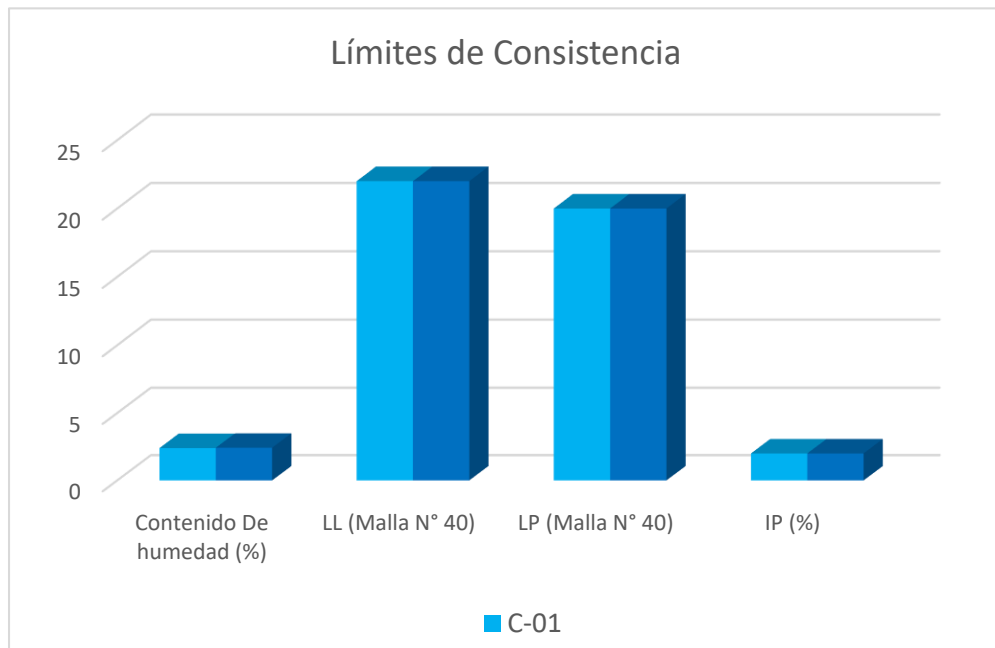
Los resultados hallados en el ensayo realizado en el laboratorio se pudo determinar el límite líquido de cada calicata, el cual se describe a continuación

**Tabla 9. Límite de consistencia Suelo Natural**

Límite de consistencia		
DESCRIPCION	C-01	C-02
Contenido De humedad (%)	2.4	2.42
LL (Malla N° 40)	22	22
LP (Malla N° 40)	20	20
IP (%)	2	2

Fuente: elaboración propia.

**Figura 16. Límite de consistencia Suelo Natural**



Fuente: elaboración propia.

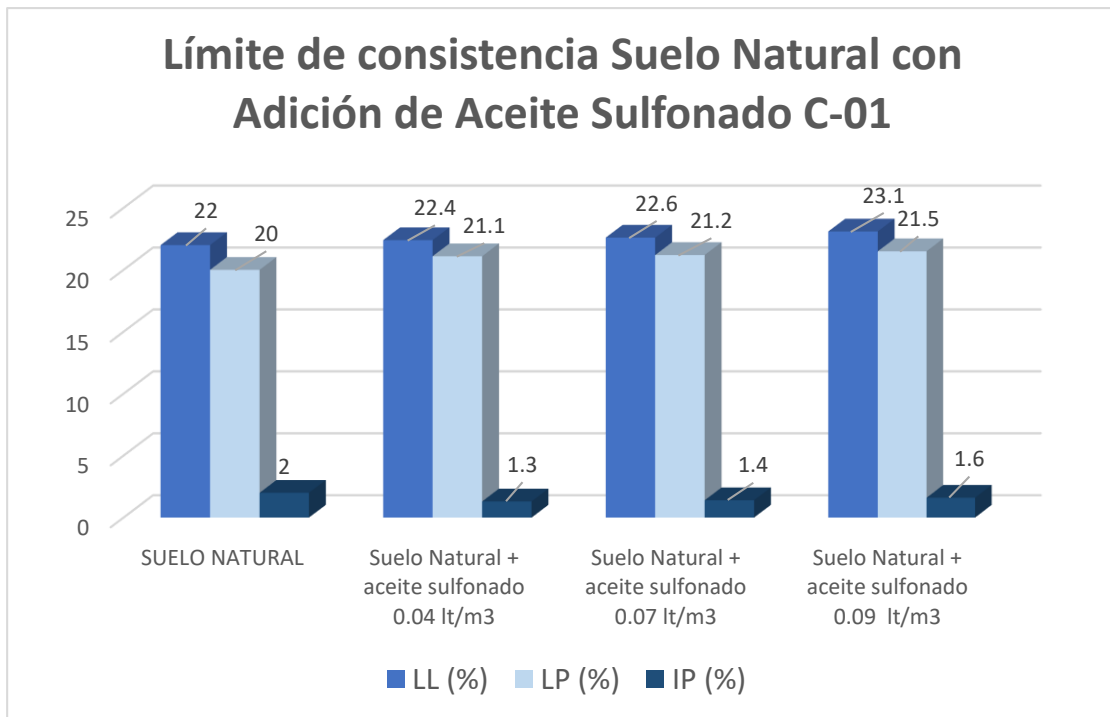
**Interpretación:** En la figura 16 nos indica que los datos hallados en el laboratorio para ambas muestras C-01 y C-02 son idénticas siendo el LL que pasa por la malla número 40 de 22, mientras que el LP que pasa por la malla numero 40 es de 20 y el IP es de 2%.

**Tabla 10. Límite de consistencia Suelo Natural con Adición de Aceite Sulfonado**

CALICATAS	MEZCLAS	LIMITES DE CONSISTENCIA		
		LL (%)	LP (%)	IP (%)
C - 01	SUELO NATURAL	22	20	2
	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.04 lt/m <sup>3</sup>	22.4	20.1	2.3
	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.07 lt/m <sup>3</sup>	22.6	20.2	2.4
	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.09 lt/m <sup>3</sup>	23.1	21.5	1.6
C - 02	SUELO NATURAL	22	20	2
	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.02 lt/m <sup>3</sup>	25.4	24.5	0.9
	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.03 lt/m <sup>3</sup>	26.2	25.3	0.9
	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.04 lt/m <sup>3</sup>	26.9	25.7	1.2

Fuente: elaboración propia.

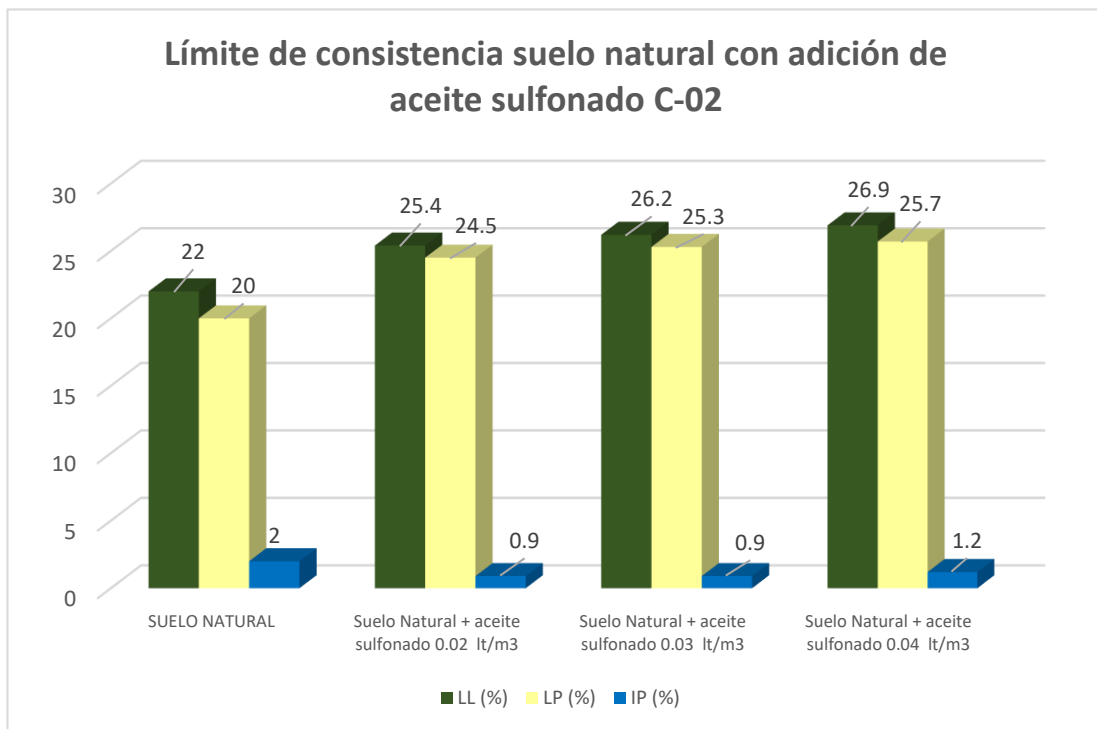
**Figura 17. Límite de consistencia Suelo Natural con Adición de Aceite Sulfonado C-01**



Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** En la figura 17 relacionado con la tabla 10 se puede percibir que la calicata C-01 tiene un Límite Líquido de 22 %, un Límite Plástico de 20 y un Índice de Plasticidad de 2 %, adicionando aceite sulfonado de 0.04 lt/m<sup>3</sup> presentó un LL de 22.4 %. Con LP de 21.1 % y un IP de 1.3 %, mientras que para una dosificación de aceite sulfonado al 0.07 lt/m<sup>3</sup> presentó un LL de 22.6 %, un LP de 21.2 % y un IP de 1.4 % y como último cuando se adiciona aceite sulfonado al 0.09 lt/m<sup>3</sup> presento un LL de 23.1 %, un LP de 21.5 % y un IP de 1.6%.

**Figura 18. Ensayo de consistencia de suelo natural con adición de aceite sulfonado al 0.02, 0.03 y 0.04 lt/m<sup>3</sup> en la C-02**



Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** En la Tabla 10 y figura 18, se puede percibir que la calicata C-02 tiene un Límite Líquido de 22 %, un Límite Plástico de 20 y un Índice de Plasticidad de 2 %, adicionando aceite sulfonado de 0.02 lt/m<sup>3</sup> presentó un LL de 25.4 %. Con LP de 24.5 % y un IP de 0.9 %, mientras que para una dosificación de aceite sulfonado al 0.03 lt/m<sup>3</sup> presentó un LL de 26.2 %, un LP de 25.3 % y un IP de 0.9 % y como último cuando se adiciona aceite sulfonado al 0.04 lt/m<sup>3</sup> presento un LL de 26.9 %, un LP de 25.7 % y un IP de 1.2%.

**Objetivo Especifico 2:** Determinar cómo influye la adición de aceite sulfonado en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022.

**Proctor Modificado.**

Para el presente ensayo de laboratorio se empleó el método “C” debido a que los suelos hallados son granulares, en donde se llegó a determinar el contenido de humedad con relación a la densidad seca, obteniéndose así una curva de compactación.

Figura 19: Ensayo Proctor Modificado



Fuente: elaboración propia.



## Ensayo (CBR) C-1 M-1 y C-2 M-2 (0.00- 1.50) con suelo natural

### Ensayo de Proctor modificado

Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.000

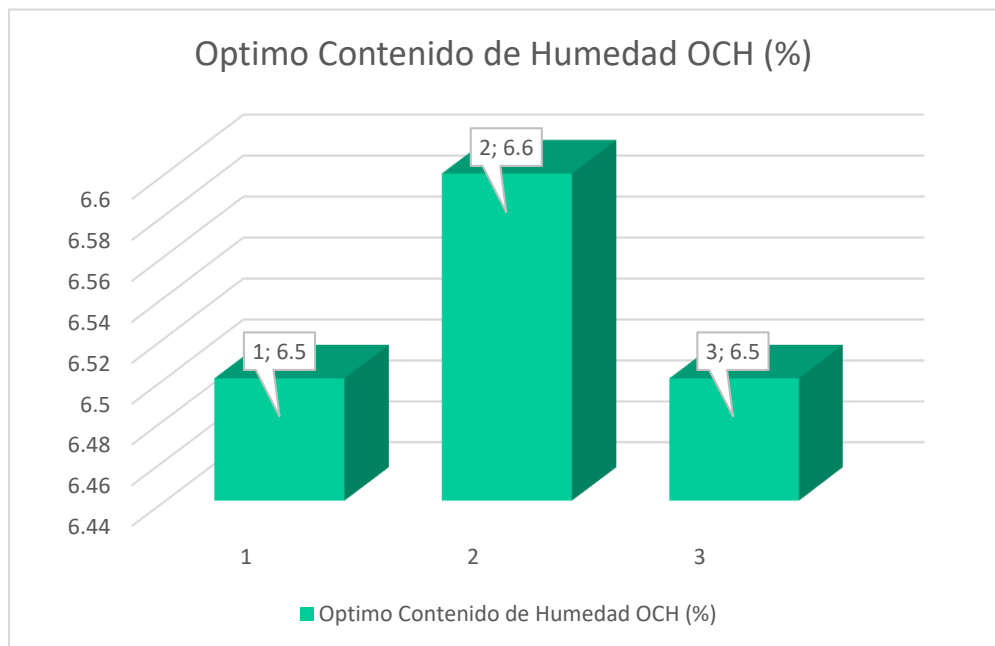
Optimo contenido de humedad (%) : 6.5

**Tabla 11. Compactación de moldes**

MOLDE NUMERO	I	II	III
Numero de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	5
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.000	1.940	1.662
contenido de humedad	6.5	6.6	6.5

Fuente: elaboración propia.

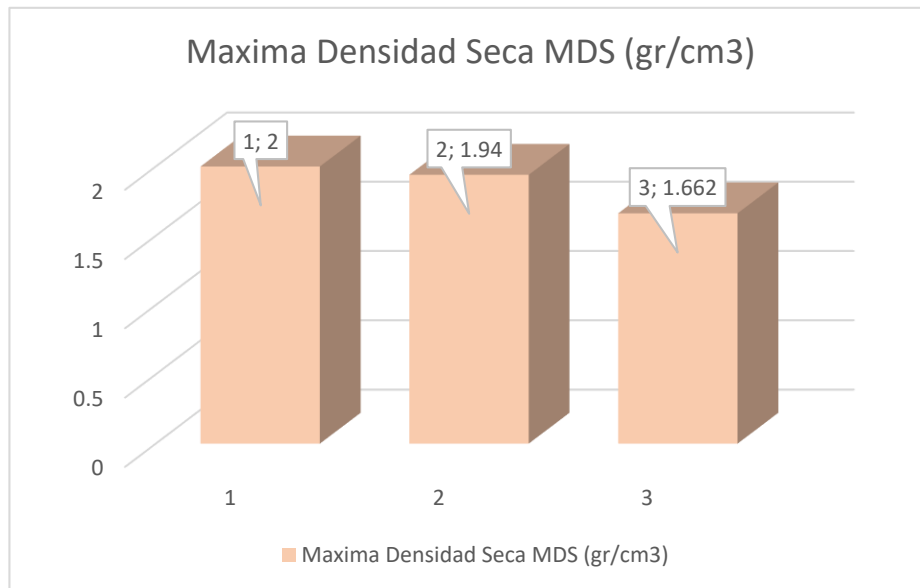
**Figura 20: Optimo Contenido de Humedad del suelo natural**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la Figura número 18 del ensayo realizado en tres moldes con suelo natural se puede visualizar que la máxima densidad seca es de 2.000 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que el contenido de humedad es de 6.5%.

**Figura 21: Maxima Densidad Seca MDS (gr/cm<sup>3</sup>)**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la Figura número 19 del ensayo realizado en tres moldes con suelo natural se puede visualizar que la máxima densidad seca es de 2.000 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que el contenido de humedad es de 6.5%.

**Figura 22: Ensayo Proctor Modificado en suelo natural**



Fuente: elaboración propia.

**Ensayo (CBR) C-1 M-1(0.00- 1.50) + Aceite sulfonado 0.04 lt/m3****Ensayo de Proctor modificado**

Máxima densidad seca (gr/cm3) :2.014

Optimo contenido de humedad (%) :6.8

**Tabla 12. Compactación de moldes**

MOLDE NUMERO	I	II	III
Numero de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (gr/cm3)	2.014	1.903	1.807
contenido de humedad	6.8	6.9	6.8

Fuente: elaboración propia.

**Ensayo (CBR) C-1 M-1(0.00- 1.50) + Aceite sulfonado 0.07 lt/m3****Ensayo de Proctor modificado**

Máxima densidad seca (gr/cm3) :2.007

Optimo contenido de humedad (%) :7.2

**Tabla 13. Compactación de moldes**

MOLDE NUMERO	I	II	III
Numero de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (gr/cm3)	2.007	1.908	1.836
contenido de humedad	7.2	7.2	7.1

Fuente: elaboración propia.

**Ensayo (CBR) C-1 M-1(0.00- 1.50) + Aceite sulfonado 0.09 lt/m3****Ensayo de Proctor modificado**

Máxima densidad seca (gr/cm3) :2.018

Optimo contenido de humedad (%) :7.0

**Tabla 14. Compactación de moldes**

MOLDE NUMERO	I	II	III
Numero de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (gr/cm3)	2.018	1.915	1.844
contenido de humedad	7.0	7.0	7.0

Fuente: elaboración propia.

**Ensayo (CBR) C-2 M-2 (0.00- 1.50) + Aceite sulfonado 0.02 lt/m<sup>3</sup>****Ensayo de Proctor modificado**Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.004

Optimo contenido de humedad (%) : 6.8

**Tabla 15. Compactación de moldes**

MOLDE NUMERO	I	II	III
Numero de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.004	1.895	1.801
contenido de humedad	6.8	6.9	6.8

Fuente: elaboración propia.

**Ensayo (CBR) C-2 M-2 (0.00- 1.50) + Aceite Sulfonado 0.03 lt/m<sup>3</sup>****Ensayo de Proctor modificado**Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) :2.010

Optimo contenido de humedad (%) :6.9

**Tabla 16. Compactación de moldes**

MOLDE NUMERO	I	II	III
Numero de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.010	1.911	1.843
contenido de humedad	6.9	7.0	6.8

Fuente: elaboración propia.

**Ensayo (CBR) C-2 M-2 (0.00- 1.50) + Aceite Sulfonado 0.04 lt/m<sup>3</sup>****Ensayo de Proctor modificado**Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) :2.019

Optimo contenido de humedad (%) :7.0

**Tabla 17. Compactación de moldes**

MOLDE NUMERO	I	II	III
Numero de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.019	1.915	1.845
contenido de humedad	6.9	7.0	6.8

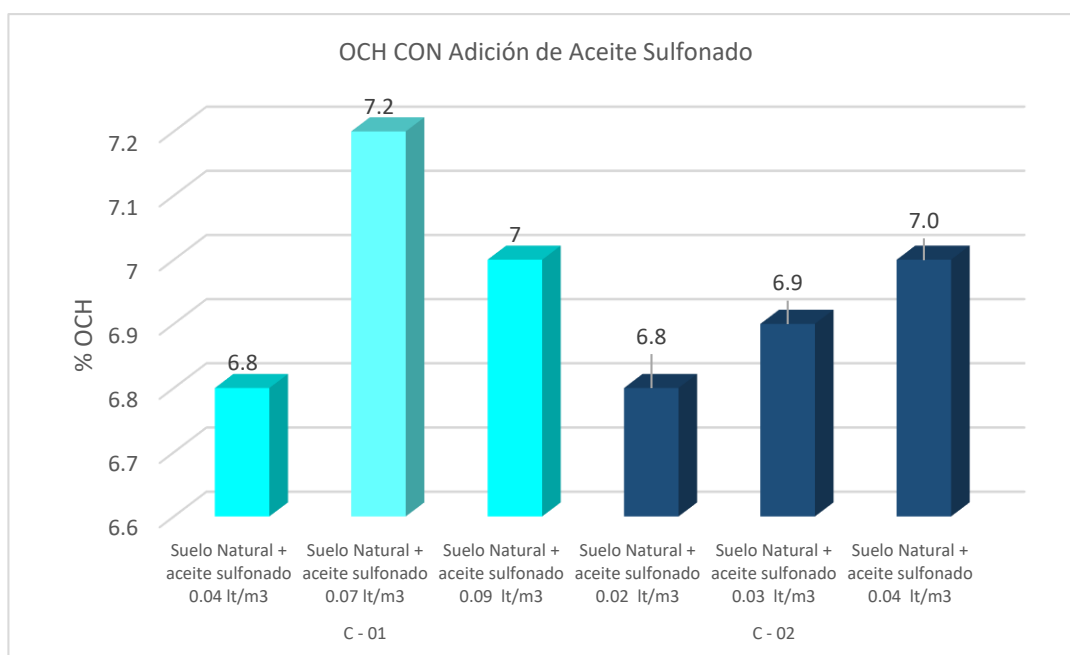
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 18: Resumen de Proctor modificado OCH Y MDS del suelo natural con adición de Aceite Sulfonado**

MUESTRA	IDENTIFICACION	Optimo Contenido de Humedad OCH (%)	Máxima Densidad Seca
C - 01	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.04 lt/m <sup>3</sup>	6.8	2.014
	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.07 lt/m <sup>3</sup>	7.2	2.007
	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.09 lt/m <sup>3</sup>	7.0	2.018
C - 02	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.02 lt/m <sup>3</sup>	6.8	2.004
	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.03 lt/m <sup>3</sup>	6.9	2.010
	Suelo Natural + aceite sulfonado 0.04 lt/m <sup>3</sup>	7.0	2.019

Fuente: elaboración propia.

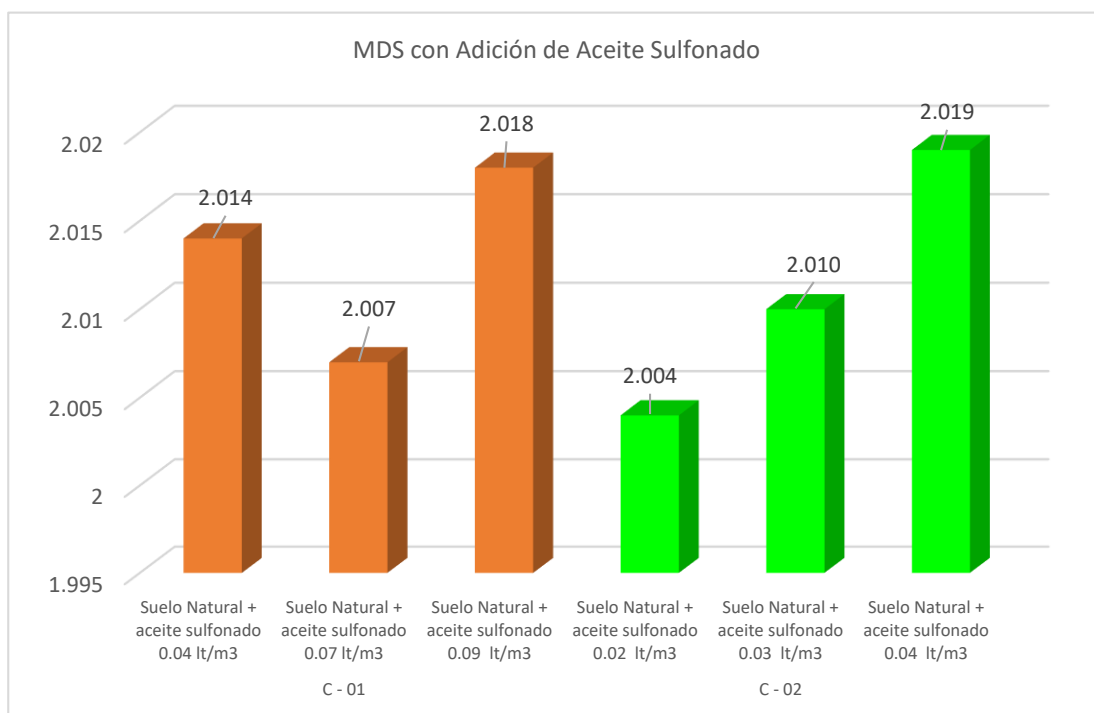
**Figura 23: Optimo Contenido de Humedad con Adición de Aceite Sulfonado**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la figura 21 se puede apreciar que los resultados del Optimo Contenido de Humedad con la dosificación de Aceite Sulfonado para la C-01 se puede apreciar que según se incrementa la dosificación el OCH también incrementa, es así que, para 0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup> y 0.09 lt/m<sup>3</sup> el OCH es de 6.8 %, 7.2 % y 7.0 % respectivamente. De igual forma para la C-02 con dosificación de Aceite Sulfonado a 0.02 lt/m<sup>3</sup>, 0.03 lt/m<sup>3</sup> y 0.04 lt/m<sup>3</sup>, la OCH fue de 6.8 %, 6.9 % y 7.0 % respectivamente.

**Figura 24: Máxima Densidad Seca con Adición de Aceite Sulfonado**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la figura 22 se observa que los resultados de la Máxima Densidad Seca con la adición de Aceite Sulfonado para la C-01 con dosis de 0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup> y 0.09 lt/m<sup>3</sup> la Máxima Densidad Seca es de 2.014, 2.007 y 2.018 respectivamente, y para la C-02 con dosis de 0.02 lt/m<sup>3</sup>, 0.03lt/m<sup>3</sup> y 0.04 lt/m<sup>3</sup> su MDS es de 2.004, 2.010 y 2.019 respectivamente, por lo cual se puede evidenciar que a mayor incremento de la dosis de Aceite Sulfonado se incrementa sustancialmente la MDS en la C-01 y C-02.

## CBR:

Los ensayos de CBR se determinaron para el suelo natural y para las respectivas dosificaciones de  $0.02 \text{ lt/m}^3$ ,  $0.03 \text{ lt/m}^3$ ,  $0.04 \text{ lt/m}^3$ ,  $0.07 \text{ lt/m}^3$  y  $0.09 \text{ lt/m}^3$  respectivamente, realizado con el OCH que se determinó en el ensayo de Proctor modificado. Los moldes de de CBR se sumergieron durante tres (03) días. Para hallar la capacidad de soporte del suelo, se tuvo que realizar prototipos, luego se aplico 56 golpes a cada uno de ellos, por indicación del método "C".

**Figura 25: Ensayo de CBR**



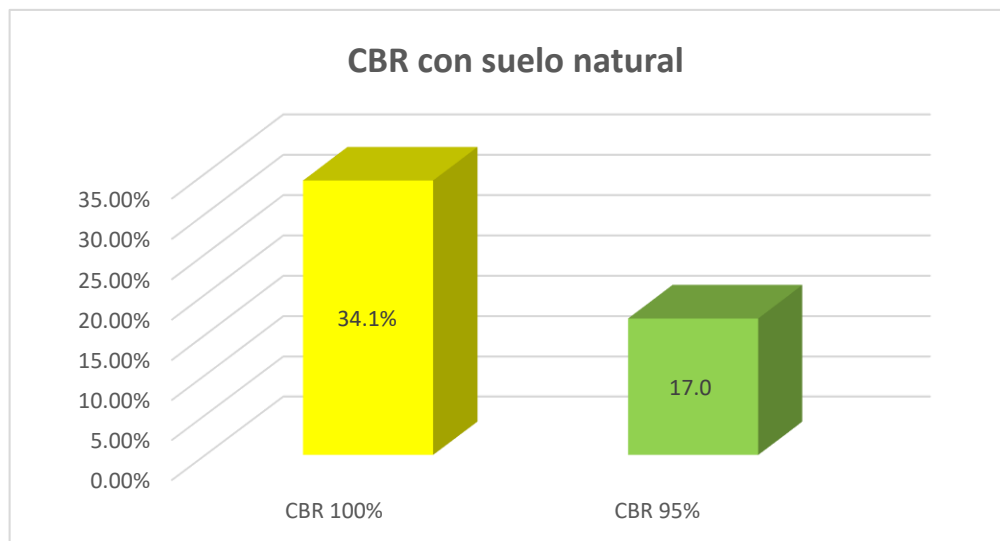
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 19. CBR de suelo natural**

CBR con suelo natural	
CBR 100%	34.1%
CBR 95%	17.0%

Fuente: elaboración propia.

**Figura 26. CBR de suelo natural**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la figura 24 podemos detectar que los resultados obtenidos al realizar los ensayo de CBR a la C-01 y C-02, con valores de CBR al 100 % MDS y CBR al 95 % MDS a 01" de penetración. Nos muestra que el California Bearing Ratio (CBR) de suelo natural al 100% es mejor que al de 95%, siendo estos de 34.1 % y de 17.0 % respectivamente. Debemos indicar que se pudo ver que existe una expansión de 0.01 % en ambas muestras del suelo.



**Tabla 20. Cuadro CBR para 0.1 pulg de penetración en suelo natural**

MOLDE NUMERO	Penetración pulg	presión aplicada (Lb/pulg <sup>2</sup> )	presión patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	CBR (%)
I	0.1	341	1000	34.1
II	0.1	230	1000	23.0
II	0.1	117	1000	11.7

Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la tabla número 19 del ensayo California Bearing Ratio del suelo natural en ambas calicatas, se puede apreciar que el CBR al 100% es de 34.1% de la Máxima Densidad Seca para el suelo natural.

CBR para el 100% de la M.D.S : 34.1%

CBR para el 95% de la M.D.S : 17.0%

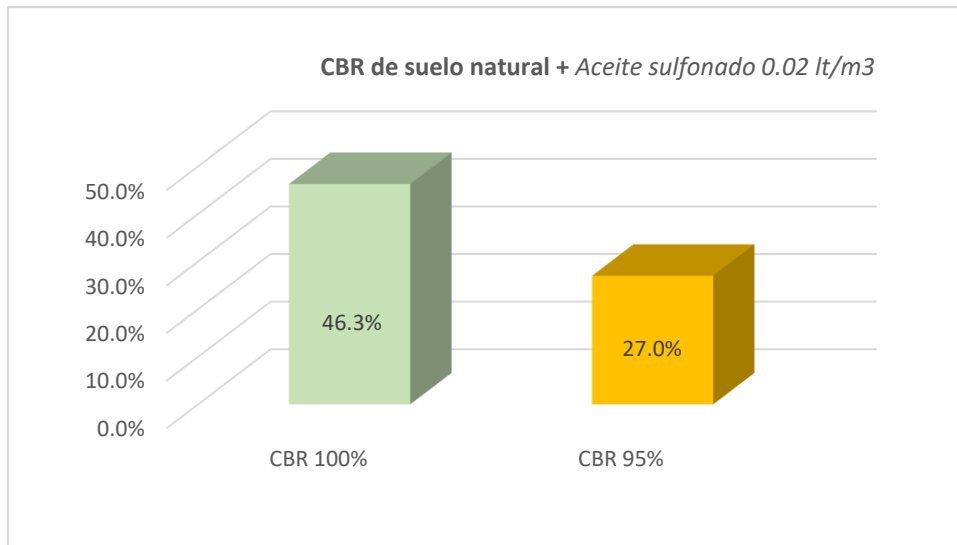
**Objetivo Especifico 3:** Determinar de qué manera influye la adición de aceite sulfonado en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabayllo 2022.

**Tabla 21. CBR de suelo natural + Aceite sulfonado 0.02 lt/m<sup>3</sup>**

CBR de suelo natural + Aceite sulfonado 0.02 lt/m <sup>3</sup>	
CBR 100%	46.3%
CBR 95%	27.0%

Fuente: elaboración propia.

**Figura 27. CBR de suelo natural + Aceite sulfonado 0.02 lt/m3**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la figura 25 observamos que el CBR al 100% es de 46.3% lo que nos indica que cuando se agrega el Aceite sulfonado en dosis de 0.02 lt/m3 aumenta el CBR.

**Tabla 22. Cuadro CBR para 0.1 pulg de penetración**

MOLDE NUMERO	Penetración pulg	presión aplicada (Lb/pulg2)	presión patrón (Lb/pulg2)	CBR (%)
I	0.1	463	1000	46.3
II	0.1	257	1000	25.7
II	0.1	135	1000	13.5

Fuente: elaboración propia.

CBR para el 100% de la M.D.S : 46.3%

CBR para el 95% de la M.D.S : 27.0%

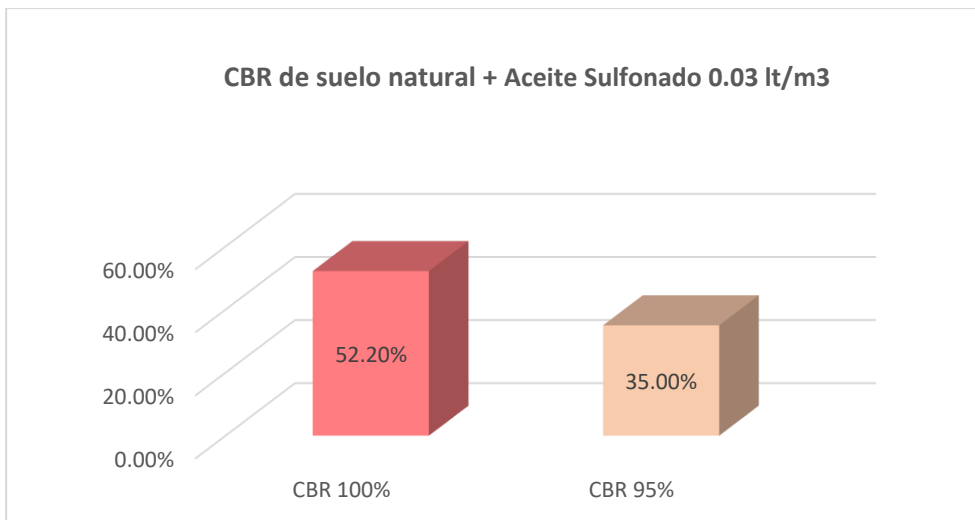
**Interpretación:** En la tabla número 21 del ensayo California Bearing Ratio, se puede apreciar que el CBR al 100% es de 46.3% de la Máxima Densidad Seca para el suelo natural, con la adición de Aceite Sulfonado 0.02 lt/m<sup>3</sup>.

**Tabla 23.** CBR de suelo natural + Aceite Sulfonado 0.03 lt/m3

CBR de suelo natural + Aceite Sulfonado 0.03 lt/m3	
CBR 100%	52.2%
CBR 95%	35.0%

Fuente: elaboración propia.

**Figura 28:** CBR de suelo natural + Aceite Sulfonado 0.03 lt/m3



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** Podemos observar que en la figura 26 que el CBR aumento adicionando Aceite Sulfonado 0.03 lt/m3., con un 52.20 % mientras que al 95 % solo fue de 35.0 %.

**Tabla 24.** Cuadro CBR para 0.1 pulg de penetración

MOLDE NUMERO	Penetración pulg	presión aplicada (Lb/pulg2)	presión patrón (Lb/pulg2)	CBR (%)
I	0.1	522	1000	52.2
II	0.1	357	1000	35.7
II	0.1	215	1000	21.5

Fuente: elaboración propia.

CBR para el 100% de la M.D.S : 52.2%

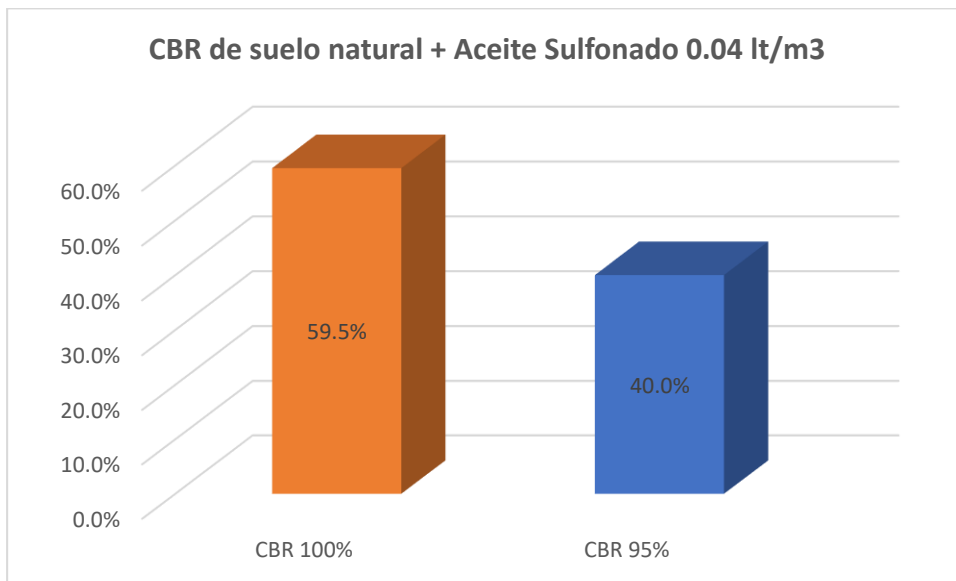
CBR para el 95% de la M.D.S : 35.0%

**Tabla 25.** CBR de suelo natural + Aceite Sulfonado 0.04 lt/m3

CBR de suelo natural + Aceite Sulfonado 0.04 lt/m3	
CBR 100%	59.5%
CBR 95%	40.0%

Fuente: elaboración propia.

**Figura 29.** CBR de suelo natural + Aceite Sulfonado 0.04 lt/m3



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la figura 27 observamos que adicionando Aceite Sulfonado 0.04 lt/m3 el CBR aumento notablemente en referente al suelo natural, lo cual nos indica que el Aceite Sulfonado ayuda al aumento y mejora del CBR.

**Tabla 26.** Cuadro CBR para 0.1 pulg de penetración

MOLDE NUMERO	Penetración pulg	presión aplicada (Lb/pulg2)	presión patrón (Lb/pulg2)	CBR (%)
I	0.1	595	1000	59.5
II	0.1	400	1000	40.0
II	0.1	225	1000	22.5

Fuente: elaboración propia.

CBR para el 100% de la M.D.S : 59.5%

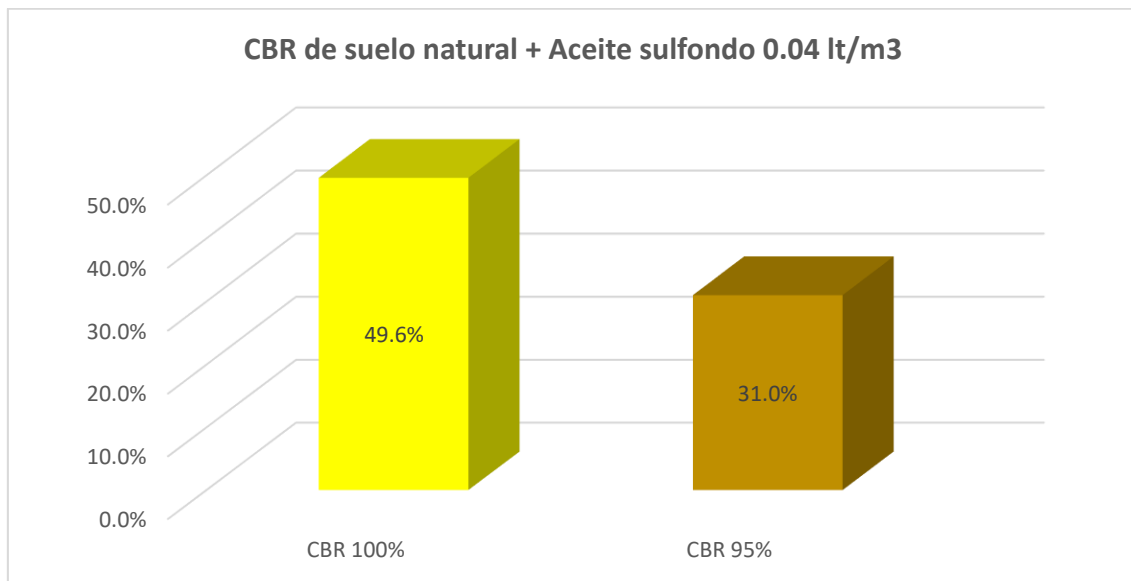
CBR para el 95% de la M.D.S : 40.0%

**Tabla 27. CBR de suelo natural + Aceite sulfondo 0.04 lt/m3**

CBR de suelo natural + Aceite sulfondo 0.04 lt/m3	
CBR 100%	49.6%
CBR 95%	31.0%

Fuente: elaboración propia.

**Figura 30. CBR de suelo natural + Aceite sulfonado 0.04 lt/m3**



Fuente: elaboración propia.

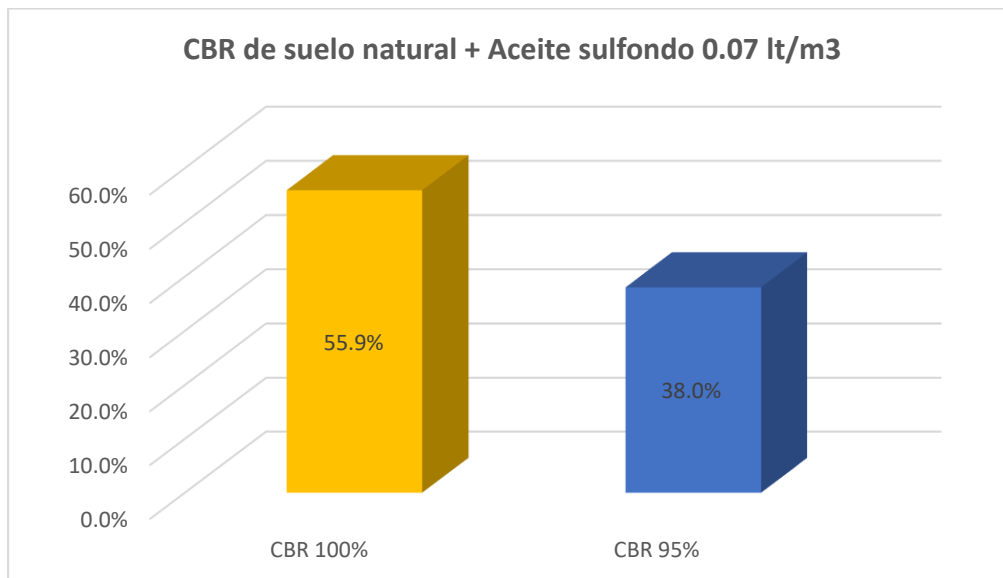
**Interpretación:** En la figura 28 nos demuestra que el CBR al 100% de suelo natural más aceite sulfonado al 0.04lt/m3 es de 49.6 %, ayudando a un aumento del CBR con referente al suelo natural que fue de 34.1 %.

**Tabla 28. CBR de suelo natural + Aceite sulfondo 0.07 lt/m3**

CBR de suelo natural + Aceite sulfondo 0.07 lt/m3	
CBR 100%	55.9%
CBR 95%	38.0%

Fuente: elaboración propia.

**Figura 31. CBR de suelo natural + Aceite sulfondo 0.07 lt/m3**



Fuente: elaboración propia.

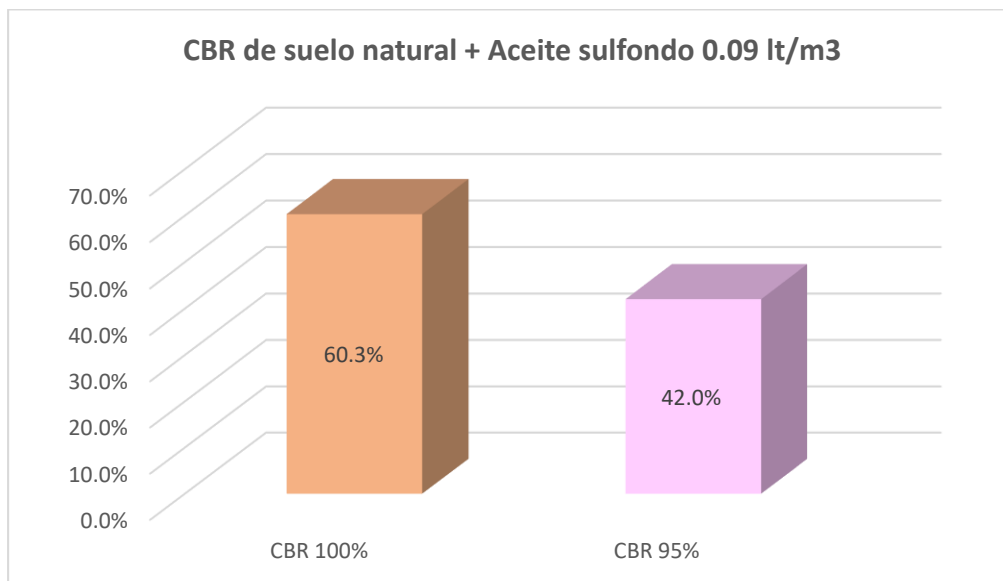
**Interpretación:** En la Figura número 29 podemos indicar que con el aumento del aditivo aceite sulfonado con dosificación de 0.07lt/m3 incrementa significativamente el CBR a un 55.9% en relación a l suelo natural.

**Tabla 29. CBR de suelo natural + Aceite sulfondo 0.09 lt/m3**

CBR de suelo natural + Aceite sulfondo 0.09 lt/m3	
CBR 100%	60.3%
CBR 95%	42.0%

Fuente: elaboración propia.

**Figura 32. CBR de suelo natural + Aceite sulfonado 0.09 lt/m3**



Fuente: elaboración propia.

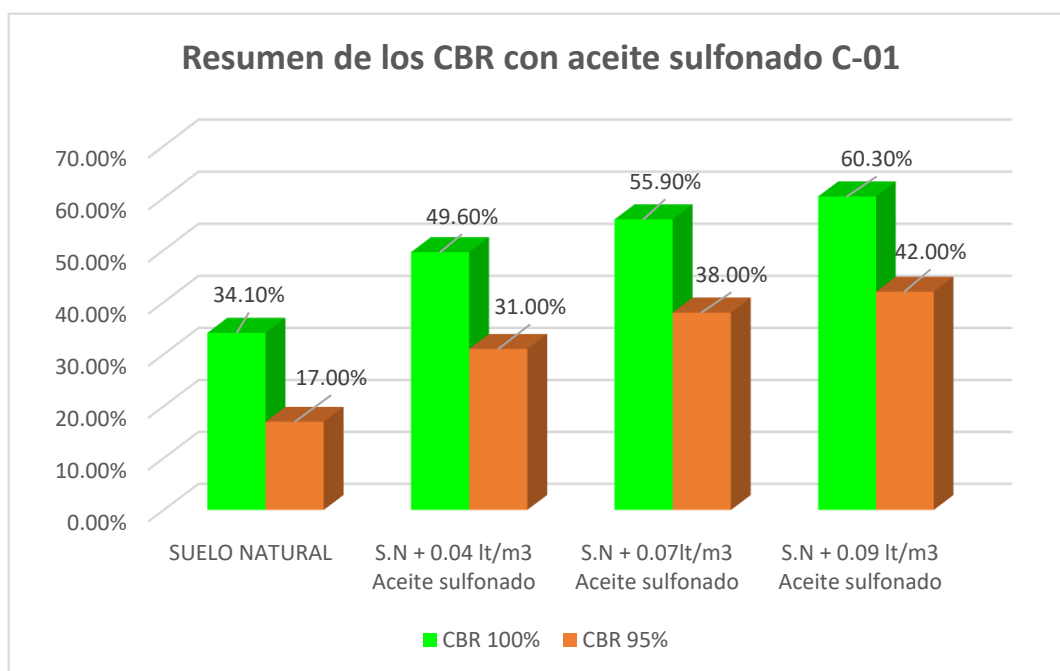
**Interpretación:** Mientras que percibimos en la figura 30, que con el aumento del aditivo aceite sulfonado al 0.09 lt/m3 el incremento del CBR es de 60.3 % y solo el 42.0 es el incremento al 95 %.

**Tabla 30.** Resumen de los CBR con aceite sulfonado C-1

	SUELO NATURAL	S.N + 0.04 lt/m3 Aceite sulfonado	S.N + 0.07lt/m3 Aceite sulfonado	S.N + 0.09 lt/m3 Aceite sulfonado
CBR 100%	34.1%	49.6%	55.9%	60.3%
CBR 95%	17.0%	31.0%	38.0%	42.0%

Fuente: elaboración propia.

**Figura N° 33: Resumen de los CBR con aceite sulfonado C-01**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** La Figura número 31, nos indica el resumen de los resultados que se obtuvieron en el ensayo CBR al suelo natural y también con la incorporación en sus diferentes dosificaciones de Aceite Sulfonado; con CBR al 100 % y CBR al 95 %, con una penetración de 1", del cual, podemos indicar que el suelo natural al 100 % MDS presentó 34.10 %y al 95 % 17.00 %, mientras que para el suelo con adición de 0.04 lt/m3 de Aceite Sulfonado al 100 % MDS fue de 49.60 % y al 95% MDS fue de 31.00%, en tanto, para una dosis de 0.07 lt/m3 de Aceite Sulfonado al 100 % MDS fue de 55.90% y al 95% MDS fue de 38.00%, y por ultimo para una dosificación de 0.09 lt/m3 de Aceite Sulfonado al 100 % MDS resulto con 60.30 % y al 95% MDS nos presentó 42.00%.

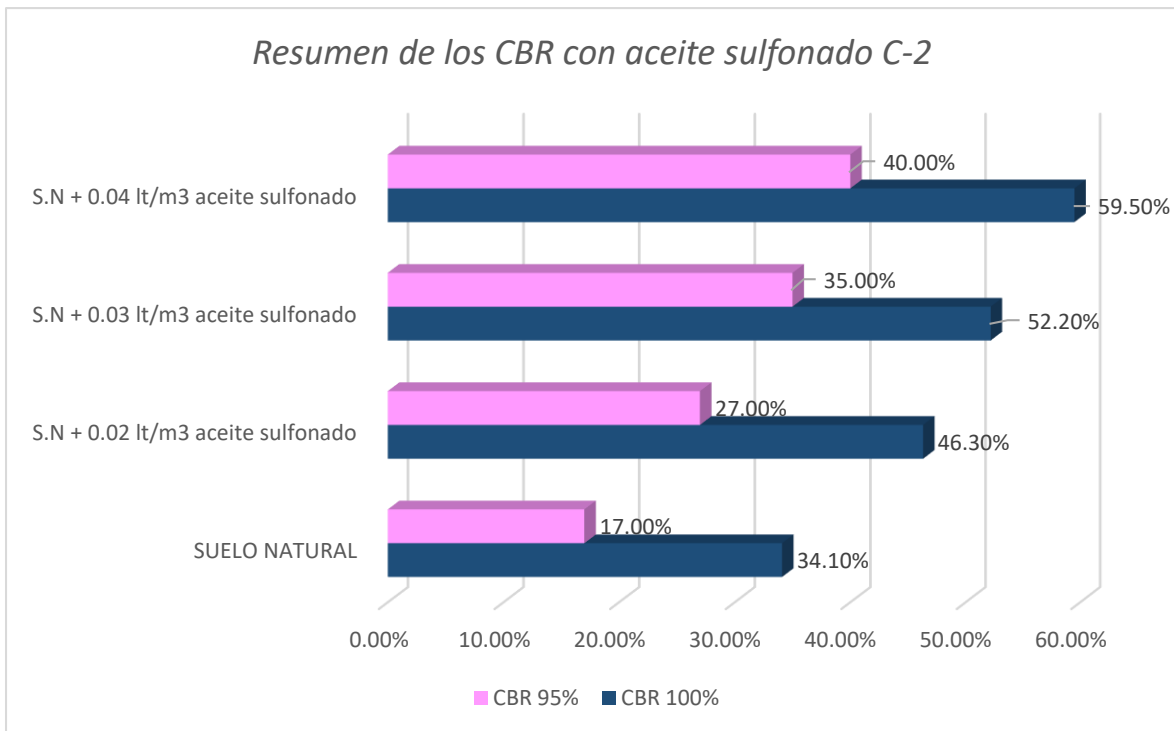


**Tabla 31. Resumen de los CBR con aceite sulfonado C-2**

	SUELO NATURAL	S.N + 0.02 lt/m3 aceite sulfonado	S.N + 0.03 lt/m3 aceite sulfonado	S.N + 0.04 lt/m3 aceite sulfonado
CBR 100%	34.1%	46.3%	52.2%	59.5%
CBR 95%	17.0%	27.0%	35.0%	40.0%

Fuente: elaboración propia.

**Figura N° 34: Resumen de los CBR con aceite sulfonado C-2**



Fuente: elaboración propia.

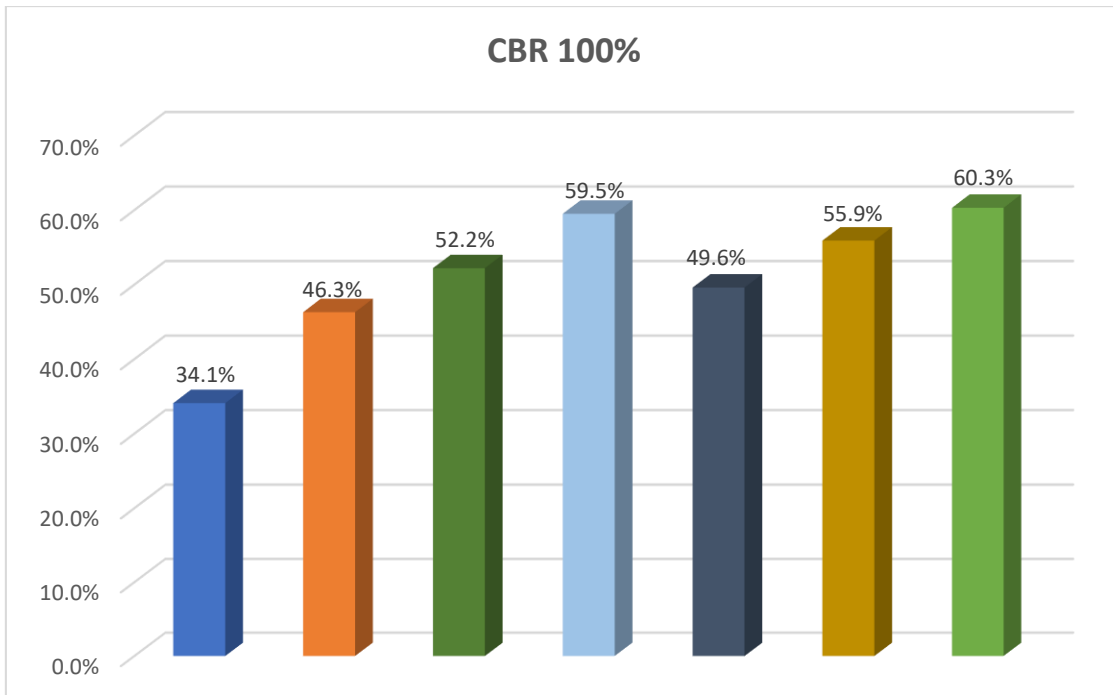
**Interpretación:** La Figura número 32, nos indica el resumen de los resultados que se obtuvieron en el ensayo CBR al suelo natural y también con la incorporación en sus diferentes dosificaciones de Aceite Sulfonado en la C-02; con CBR al 100 % y CBR al 95 %, con una penetración de 1”, del cual, podemos mencionar que el suelo natural al 100% MDS presentó 34.10 %y al 95 % 17.00 %, mientras que para el suelo con adición de 0.02 lt/m3 de Aceite Sulfonado al 100 % MDS fue de 46.30 % y al 95% MDS fue de 27.00%, en tanto, para una dosis de 0.03 lt/m3 de Aceite Sulfonado al 100 % MDS fue de 52.20% y al 95% MDS fue de 35.00%, y por último para una dosificación de 0.04 lt/m3 de Aceite Sulfonado al 100 % MDS resulto con 59.50 % y al 95% MDS nos presentó 40.00%.

**Tabla 32. Resumen CBR 100%**

CBR 100%	
SUELO NATURAL	34.1%
S.N + 0.02 lt/m3 Aceite sulfonado	46.3%
S.N + 0.03 lt/m3 Aceite sulfonado	52.2%
S.N + 0.04 lt/m3 Aceite sulfonado	59.5%
S.N + 0.04 lt/m3 Aceite sulfonado	49.6%
S.N + 0.07 lt/m3 Aceite sulfonado	55.9%
S.N + 0.09 lt/m3 Aceite sulfonado	60.3%

Fuente: elaboración propia.

**Figura 35. Resumen CBR 100%**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la figura 33 tenemos los CBR al 100% con suelo natural y adicionando los aditivos lo cual muestra que adicionando aceite sulfonado al 0.09 lt/m3 ayudo al aumento en 60.3% en comparación al suelo natural.

**Tabla 33. Ensayo de compresión no confinada en muestra de suelos**

N° DE TESTIGOS	DENOMINACION	EDAD(DIAS)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Suelo natural	3	10.3	83.3	105	1.26
2	suelo + 0.02 AS. lt/m <sup>3</sup>	3	10.2	81.7	145	1.77
3	suelo + 0.03 AS. lt/m <sup>3</sup>	3	10.2	81.7	185	2.26
4	suelo + 0.04 AS. lt/m <sup>3</sup>	3	10.1	81.1	208	2.60

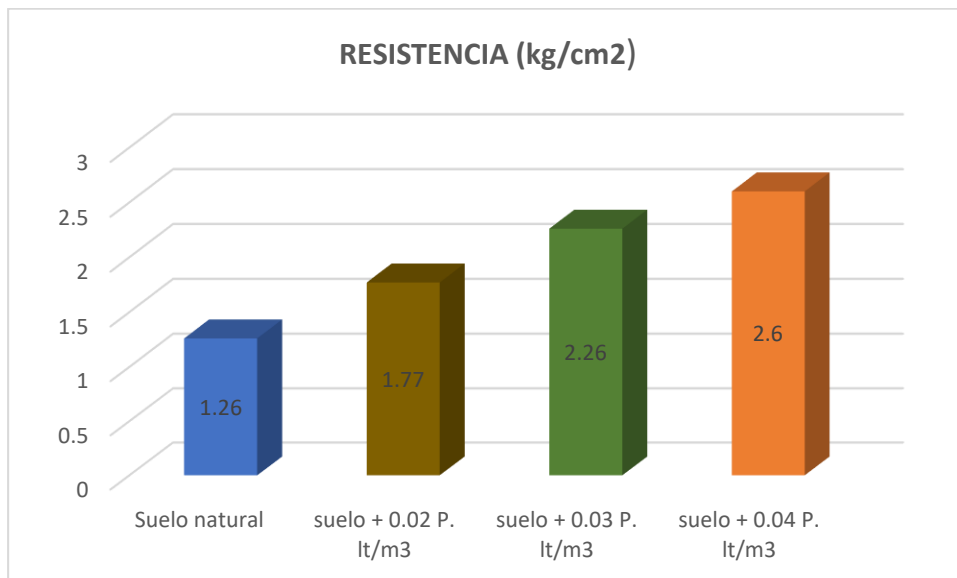
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 34. Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)**

RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	
Suelo natural	1.26
suelo + 0.02 Aceite S. lt/m <sup>3</sup>	1.77
suelo + 0.03 Aceite S. lt/m <sup>3</sup>	2.26
suelo + 0.04 Aceite S. lt/m <sup>3</sup>	2.60

Fuente: elaboración propia.

**Figura 36. Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** La resistencia del suelo que nos muestra en la figura número 34 nos indica el aumento con el aditivo Aceite Sulfonado con un 2.6% mientras que el suelo natural solo tenía una resistencia de 1.26% en comparación a los de Aceite Sulfonado.

**Tabla 35. Ensayo de compresión no confinada en muestra de suelos**

N° DE TESTIGOS	DENOMINACION	EDAD(DIAS)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Suelo natural	3	10.3	83.3	105	1.26
2	suelo + 0.04 AS. lt/m <sup>3</sup>	3	10.2	81.7	165	2.02
3	suelo + 0.07 AS. lt/m <sup>3</sup>	3	10.1	80.1	205	2.56
4	suelo + 0.09 AS. lt/m <sup>3</sup>	3	10.2	81.7	225	2.75

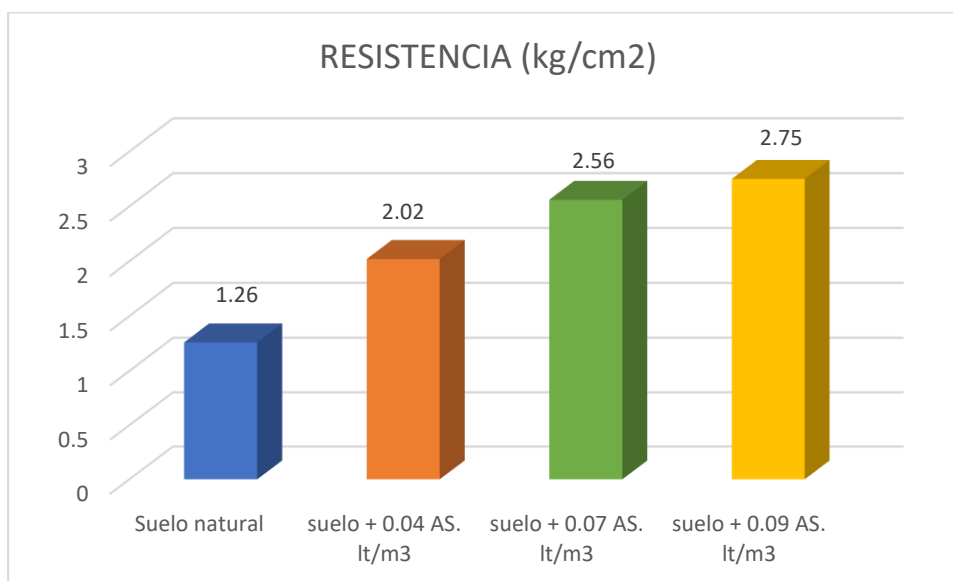
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 36. Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)**

RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	
Suelo natural	1.26
suelo + 0.04 AS. lt/m <sup>3</sup>	2.02
suelo + 0.07 AS. lt/m <sup>3</sup>	2.56
suelo + 0.09 AS. lt/m <sup>3</sup>	2.75

Fuente: elaboración propia.

**Figura 37. Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la figura 35 mostramos la resistencia del suelo natural y adicionando el aditivo aceite sulfonado el cual claramente muestra que cuando se aumenta en un 0.04 lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado aumento en 2.75 en comparación al suelo natural, lo cual indica que ayuda mucho en la resistencia del suelo cuando se añade el aditivo indicado.

**Objetivo Especifico 4:** Determinar de qué manera influye la dosificación óptima de aceite sulfonado en el costo de la Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022.

**Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo con aditivos**  
**Tabla 37. Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.04lt/m3 Aceite sulfonado**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						
101010005	Peón	hh	1	0.0167	15.78	0.26
<b>Materiales</b>						
213020002	Aceite sulfonado	l		0.35	120	42.00
<b>Equipos</b>						
03011000060003	Rodillo liso vibr. Autop 101-135hp10-12T	hm	1.0000	0.0167	152.40	2.55
03012000010004	Motoniveladora 125HP	hm	1.0000	0.0167	175.16	2.93
03012200050001	Camión cisterna (2.500 GL)	hm	0.5000	0.0083	157.01	1.30
0301220009	Camión esparcidor de aditivos solidos	hm	0.5000	0.0083	157.01	1.30
Costo unitario directo por m3 (estabilización suelo + 0.04lt/m3 Aceite sulfonado)						<b>S/ 50.34</b>

Fuente: elaboración propia ,2022.

**Tabla 38. Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.07lt/m3 Aceite sulfonado**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						
101010005	Peón	hh	1	0.0167	15.78	0.26
<b>Materiales</b>						
213020002	Aceite sulfonado	l		0.35	130	45.5
<b>Equipos</b>						
03011000060003	Rodillo liso vibr. Autop 101-135hp10-12T	hm	1.0000	0.0167	152.40	2.55
03012000010004	Motoniveladora 125HP	hm	1.0000	0.0167	175.16	2.93
03012200050001	Camión cisterna (2.500 GL)	hm	0.5000	0.0083	157.01	1.30
0301220009	Camión esparcidor de aditivos solidos	hm	0.5000	0.0083	157.01	1.30
Costo unitario directo por m3 (estabilización suelo + 0.07lt/m3 Aceite sulfonado)						<b>S/ 53.84</b>

Fuente: elaboración propia ,2022.

**Tabla 39. Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.09lt/m3 Aceite sulfonado**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de obra</b>					
101010005	Peón	hh	1	0.0167	15.78	0.26
	<b>Materiales</b>					
213020002	Aceite sulfonado	l		0.35	135	47.25
	<b>Equipos</b>					
03011000060003	Rodillo liso vibr. Autop 101-135hp10-12T	hm	1	0.0167	152.40	2.55
03012000010004	Motoniveladora 125HP	hm	1	0.0167	175.16	2.93
03012200050001	Camión cisterna (2.500 GL)	hm	0.5	0.0083	157.01	1.30
0301220009	Camión esparcidor de aditivos solidos	hm	0.5	0.0083	157.01	1.30
Costo unitario directo por m3 (estabilización suelo + 0.07lt/m3 Aceite sulfonado)						<b>S/ 55.59</b>

Fuente: elaboración propia ,2022.

**Tabla 40. Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.02lt/m3 Aceite Sulfonado**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de obra</b>					
101010005	Peón	hh	1	0.0167	15.78	0.26
	<b>Materiales</b>					
213020002	Aceite sulfonado	l		0.3500	150.00	52.5
	<b>Equipos</b>					
03011000060003	Rodillo liso vibr. Autop 101-135hp10-12T	hm	1.00	0.0167	152.40	2.55
03012000010004	Motoniveladora 125HP	hm	1.00	0.0167	175.16	2.93
03012200050001	Camión cisterna (2.500 GL)	hm	0.5	0.0083	157.01	1.30
0301220009	Camión esparcidor de aditivos solidos	hm	0.5	0.0083	157.01	1.30
Costo unitario directo por m3 (estabilización suelo + 0.07lt/m3 Aceite sulfonado)						<b>S/ 60.84</b>

Fuente: elaboración propia ,2022.

**Tabla 41. Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.03lt/m3 Aceite Sulfonado.**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						
101010005	Peón	hh	1	0.0167	15.78	0.26
<b>Materiales</b>						
213020002	Aceite sulfonado	l		0.3500	160.00	56
<b>Equipos</b>						
03011000060003	Rodillo liso vibr. Autop 101-135hp10-12T	hm	1.0000	0.0167	152.40	2.55
03012000010004	Motoniveladora 125HP	hm	1.0000	0.0167	175.16	2.93
03012200050001	Camión cisterna (2.500 GL)	hm	0.5000	0.0083	157.01	1.30
0301220009	Camión esparcidor de aditivos solidos	hm	0.5000	0.0083	157.01	1.30
Costo unitario directo por m3 (estabilización suelo + 0.07lt/m3 Aceite sulfonado)						<b>S/ 64.34</b>

Fuente: elaboración propia ,2022.

**Tabla 42. Análisis de precio unitario de la estabilización de suelo + 0.04lt/m3 Aceite Sulfonado**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						
101010005	Peón	hh	1	0.0167	15.78	0.26
<b>Materiales</b>						
213020002	Aceite sulfonado	l		0.3500	170.00	59.5
<b>Equipos</b>						
03011000060003	Rodillo liso vibr. Autop 101-135hp10-12T	hm	1.0000	0.0167	152.40	2.55
03012000010004	Motoniveladora 125HP	hm	1.0000	0.0167	175.16	2.93
03012200050001	Camión cisterna (2.500 GL)	hm	0.5000	0.0083	157.01	1.30
0301220009	Camión esparcidor de aditivos solidos	hm	0.5000	0.0083	157.01	1.30
Costo unitario directo por m3 (estabilización suelo + 0.07lt/m3 Aceite sulfonado)						<b>S/ 67.84</b>

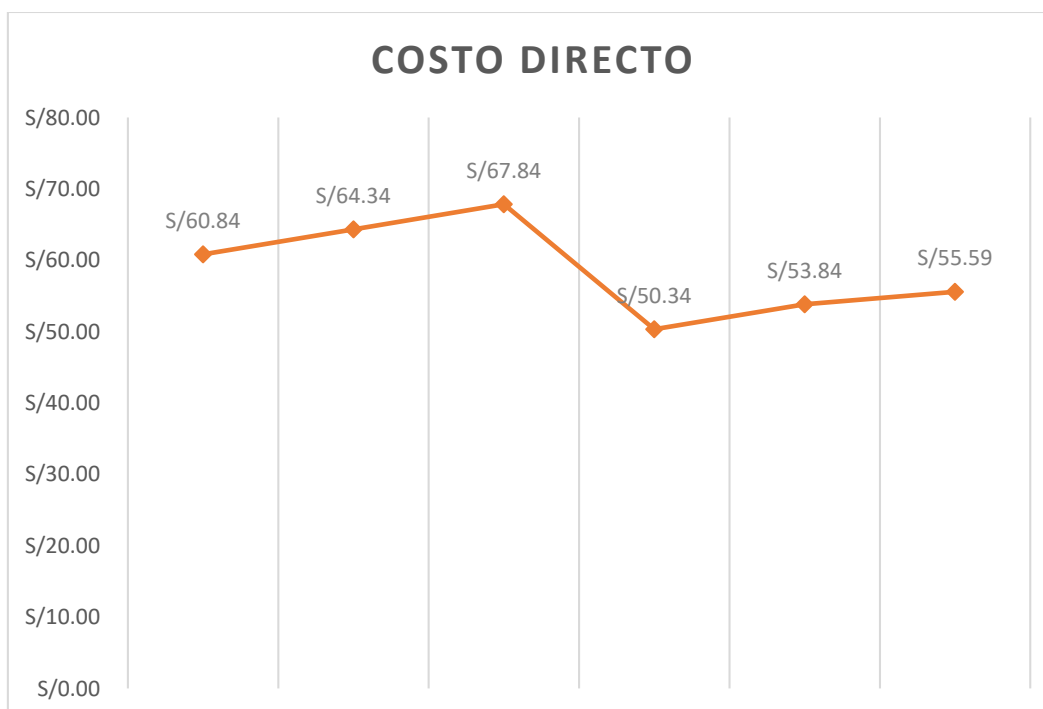
Fuente: elaboración propia ,2022.

**Tabla 43. Resumen de costo directo de un m3**

dosificaciones	parcial S/.
suelo + 0.02 Aceite Sulfonado lt/m <sup>3</sup>	S/60.84
suelo + 0.03 Aceite Sulfonado. lt/m <sup>3</sup>	S/64.34
suelo + 0.04 Aceite Sulfonado. lt/m <sup>3</sup>	S/67.84
suelo + 0.04 Aceite Sulfonado. lt/m <sup>3</sup>	S/50.34
suelo + 0.07 Aceite Sulfonado. lt/m <sup>3</sup>	S/53.84
suelo + 0.09 Aceite Sulfonado. lt/m <sup>3</sup>	S/55.59

Fuente: elaboración propia.

**Figura 38. Resumen de costo directo de un m<sup>3</sup>.**



Fuente: elaboración propia.

**Interpretación:** En la figura 36 mostramos que el costo del aditivo no es tan caro ya que el aceite sulfonado al 0.09lt/m3 costo un 55.59 soles o que nos indica que el aceite tiene un costo bajo y es muy rentable en relación a los beneficios que pueda tener la población del Distrito de Carabayllo y al medio ambiente en su conjunto.

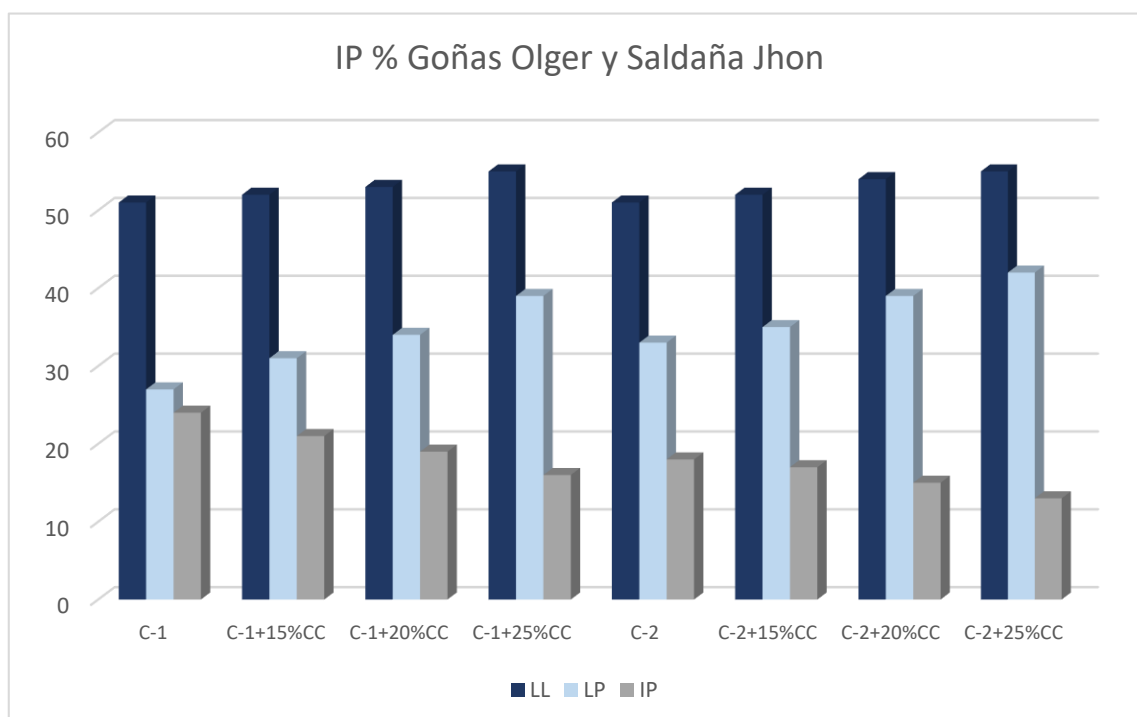


## V. DISCUSIÓN

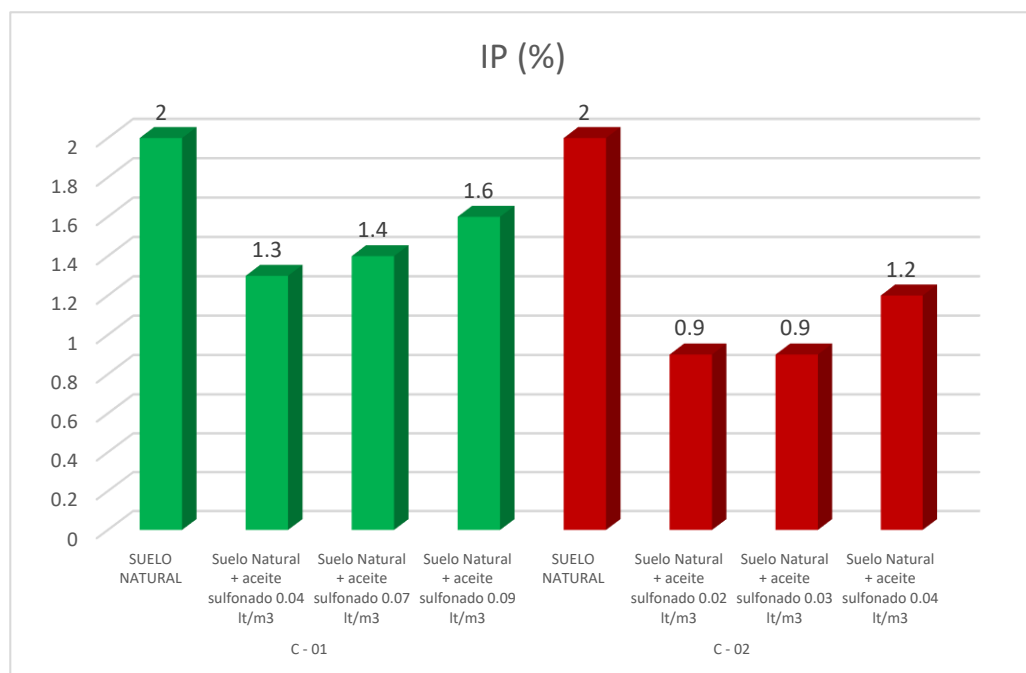
**Objetivo específico 1:** Determinar de qué manera influye la dosificación de la adición de aceite sulfonado en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022.

### INDICE DE PLASTICIDAD

Según **Goñas Olger y Saldaña Jhon** (2020), en su artículo científico titulado “Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada”, el IP del suelo en la muestra de la C-01 resultó de 24%, con adición de 15%, 20% y 25% de ceniza de carbón resultó 21%, 19% y 16% respectivamente; el IP del suelo en la muestra de la C-02 resultó 18%, con adición de 15%, 20% y 25% de ceniza de carbón resultó 17%, 15% y 13% respectivamente, disminuyendo el IP con respecto a la muestra del suelo natural de la C-01 en -12.50%, -20.83% y -33.33% respectivamente y para la muestra del suelo natural de la C-02 en -5.56%, -16.67% y -27.78% respectivamente. En ambos casos la adición de ceniza de carbón disminuye el IP. Según se muestra en el gráfico



Mientras que en nuestra investigación el IP de la muestra del suelo natural de las calicatas C-01 fue de 2 % y al adicionar 0.04, 0.07, y 0.09 lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado siendo el IP de 1.3 %, 1.4 % y 1.6 % respectivamente disminuyendo el IP con respecto a la muestra del suelo natural. Por otro lado, en la calicata C-02 el IP fue también de 2 %, y al adicionar aceite sulfonado al 0.02, 0.03 y 0.04 lt/m<sup>3</sup> el IP fue de 0.9 % 0.9 % y 1.2 %; respectivamente, disminuyendo el IP con respecto a la muestra de suelo natural. En ambos casos la adición de Aceite sulfonado disminuye el IP según se muestra en el siguiente gráfico.



Para **Goñas Olger y Saldaña Jhon** (2020), cuando adiciona dosis de 15%, 20% y 25% de ceniza de carbón a la muestra del suelo natural de la C-01, el IP disminuyó en - 12.50%, - 20.83% y - 33.33% respectivamente; y mientras que al adicionarlo en la C-02, el IP disminuyó en -5.56%, -16.67% y -27.78% respectivamente, para esta investigación al adicionar aceite sulfonado en 0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup> y 0.09 lt/m<sup>3</sup> a la muestra del suelo natural de la C-01, el IP disminuyó en -0.7%, -0.6% y -0.4 % respectivamente; al adicionarlo en la C-02, el IP disminuyó en - 1.1%, -1.1% y -0.8% respectivamente, existiendo así una SIMILITUD en los resultados obtenidos en el laboratorio.

Los resultados de Goñas Olger y Saldaña Jhon cumple con el IP mínimo de 0.0 % según la Norma ASTM d4318, en mi caso al adicionar las dosis de Aceite

Sulfonado también cumple con la Norma.

Los ensayos realizados de límites de consistencia que se utilizaron para determinar el IP son adecuados, los cuales permitieron establecer los valores al incrementar 0.04 lt/m<sup>3</sup> , 0.07 lt/m<sup>3</sup> , 0.09 lt/m<sup>3</sup> , 0.02 lt/m<sup>3</sup> , 0.03 lt/m<sup>3</sup> y 0.04 lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado.

Según **Córdova (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”** obtuvo como resultados los que se observan en el siguiente cuadro:

CALICATA	Contenido de humedad (%)	Límites de consistencia			Clasificación		Proctor modificado		CBR	
		LL (Malla N° 40)	LP (Malla N° 40)	IP (%)	SUCS	AASHTO	M. D. S. (gr/cm3)	O. C. H. (%)	95%	100%
C - 01	12.15	68	42	26	MH	A - 7 - 5	1.445	24.571	2.50%	2.9%

Mientras que nuestros resultados en la presente investigación muestran que el IP de suelo natural de la C-01 fue de 2 %, estableciéndose una clasificación de suelo según SUCS de MH y según AASHTO el A-7-5.

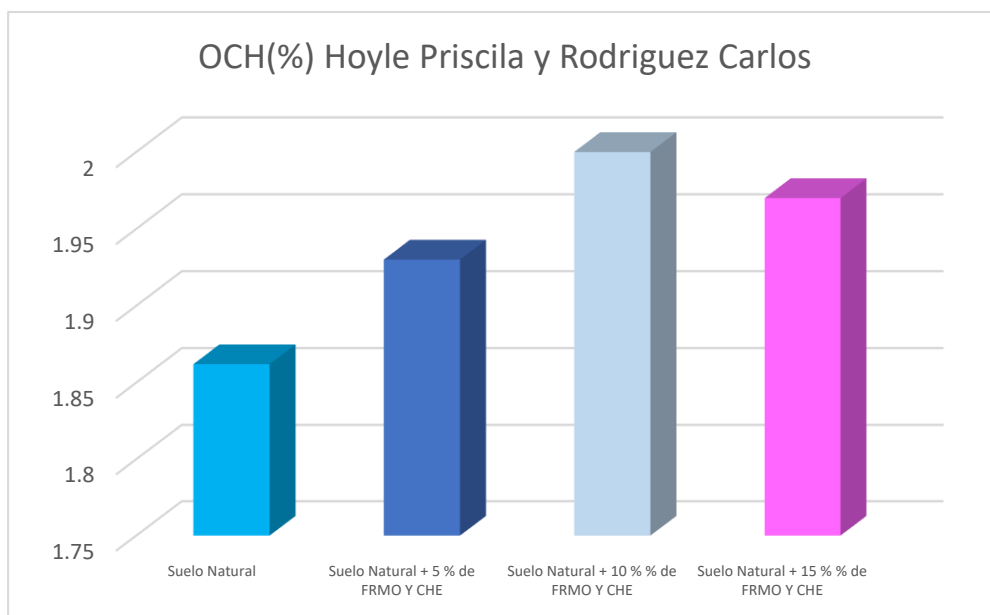
CALICATA	Contenido de humedad (%)	Límites de consistencia			Clasificación		Proctor modificado		CBR	
		LL (Malla N° 40)	LP (Malla N° 40)	IP (%)	SUCS	AASHTO	M. D. S. (gr/cm3)	O. C. H. (%)	95%	100%
C - 01	2.4	22	20	2	SM	A - 1 - b (0)	2	6.5	17.0%	34.1%

Para Córdova (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”** encontró en la calicata 01 un contenido de humedad un 12.15%, mientras que nosotros obtuvimos un 2.4 % lo cual muestra que tenemos un suelo que contiene poca cantidad de agua.

**Objetivo Especifico 2:** Determinar cómo influye la adición de aceite sulfonado en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022.

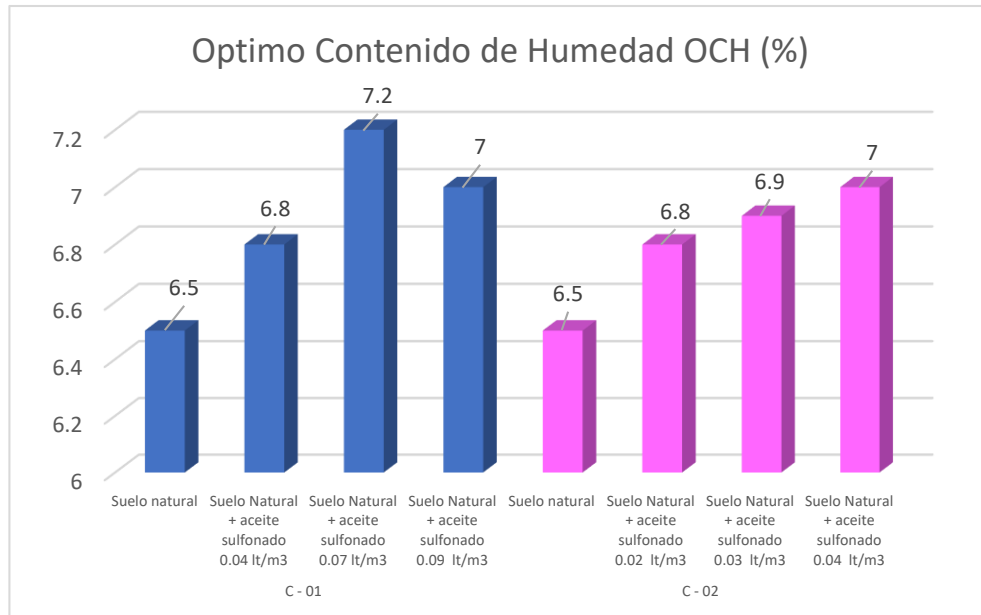
### Óptimo Contenido de Humedad

En la Investigación de Hoyle Priscila y Rodriguez Carlos (2019), en su trabajo de tesis “Estabilización del suelo de la trocha carrozable con fibras de raquis de Musa Paradisiaca y cenizas de hojas Eucaliptus de los caseríos Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, Áncash – 2019”, el Optimo Contenido de Humedad de la muestra de suelo natural fue de 8.8 % y al adicionar 5%, 10% y 15% de fibra de raquis de Musa Paradisiaca y cenizas de hoja de Eucalipto al suelo natural fue de 9.4 %, 10.9 % y 8.9 % respectivamente, mostrando así un incremento de 6.82 %, 23.86 % y 1.14 %, con respecto a la muestra del suelo natural, según se muestra en el siguiente gráfico:



En nuestra investigación el Optimo Contenido de Humedad de la muestra del suelo Natural de la C-01 fue de 6.5 %, mientras que, al adicionar 0.04  $\text{lt/m}^3$ , 0.07  $\text{lt/m}^3$ , y 0.09  $\text{lt/m}^3$  de aceite sulfonado fue de 6.8 %, 7.2 % y 7 % respectivamente, mostrando un incremento del OCH con respecto al suelo natural de la C-01. En la muestra del suelo natural de la C-02 el OCH fue de 6.5 %, al adicionar 0.02  $\text{lt/m}^3$ , 0.03  $\text{lt/m}^3$  y 0.04  $\text{lt/m}^3$  fue de 6.8 %, 6.9 % y 7

% mostrando una diferencia del OCH con respecto al suelo natural de la C-02. Según el grafico siguiente:



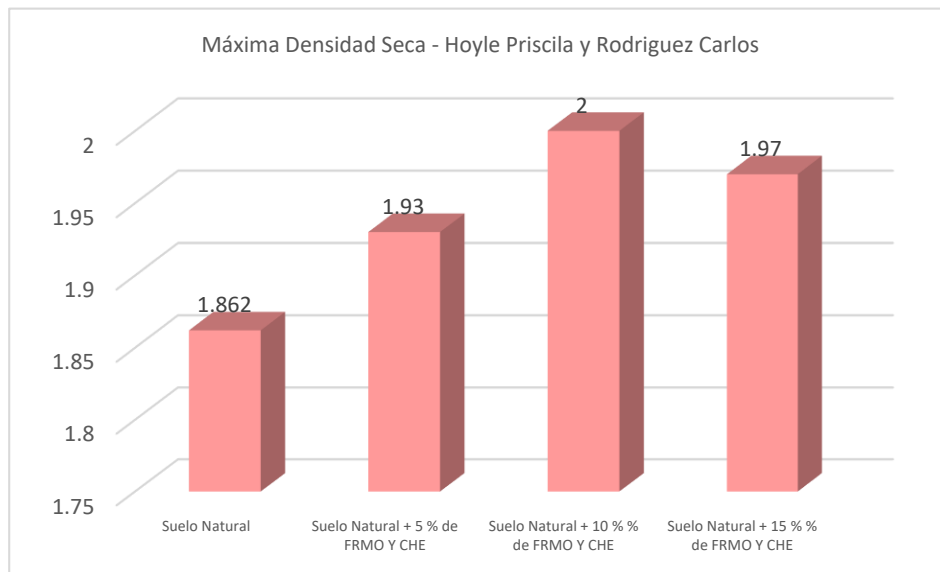
Los resultados de Hoyle Priscila y Rodríguez Carlos, cumplen con el OCH según la norma NTP 339.141; en mi caso, al adicionar las dosificaciones de Aceite sulfonado también se cumple con la norma.

El ensayo de Proctor Modificado para la determinación del OCH es adecuado, debido a que permitieron determinar los valores al adicionar 0.04 Lt/m<sup>3</sup>, 0.07 Lt/m<sup>3</sup>, 0.09 Lt/m<sup>3</sup>, 0.02 Lt/m<sup>3</sup>, 0.03 Lt/m<sup>3</sup> y 0.04 Lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado.

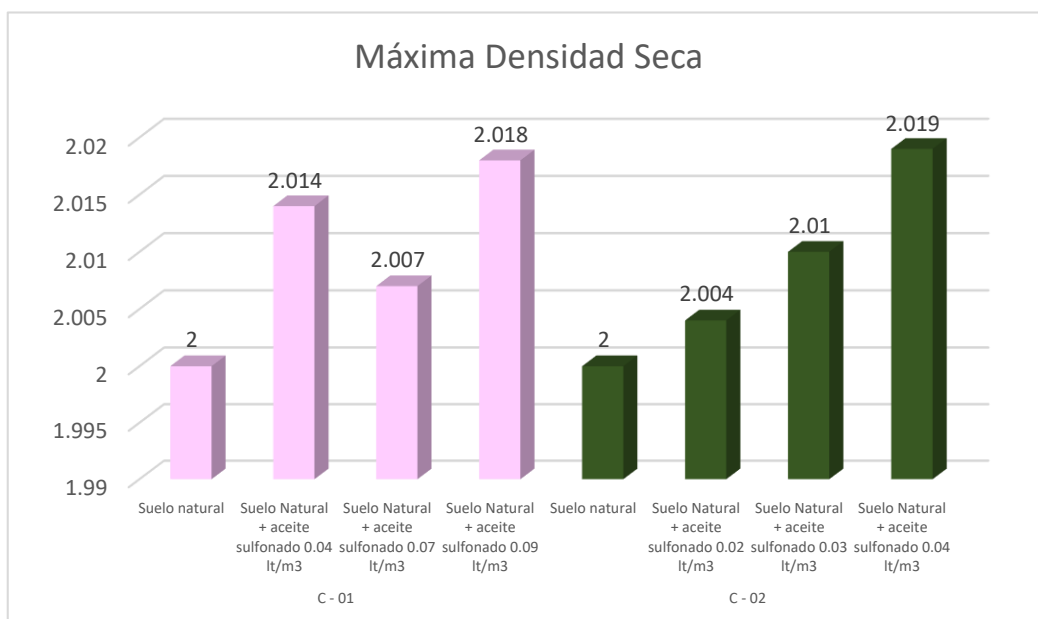
### Máxima Densidad Seca

Para **Hoyle Priscila y Rodríguez Carlos (2019)**, en su trabajo de tesis de investigación titulada “Estabilización del suelo de la trocha carrozable con fibras de raquis de Musa Paradisiaca y cenizas de hojas Eucaliptus de los caseríos Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, Áncash – 2019”, la MDS de la muestra del suelo natural fue de 1.862 gr/cm<sup>3</sup> y al adicionar 5%, 10% y 15% de fibra de raquis de Musa Paradisiaca (FRMP) y cenizas de hojas de Eucaliptus (CHE) al suelo natural fue de 1.930 gr/cm<sup>3</sup>, 2.000 gr/cm<sup>3</sup> y 1.970

gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, incrementando su MDS con respecto a la muestra del suelo natural en 3.65%, 7.41% y 5.80% respectivamente, según el gráfico siguiente:



En esta investigación la MDS de la muestra del suelo natural de la C-01 fue de 2.000 gr/cm<sup>3</sup>, al adicionar 0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>, y 0.09 lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado fue de 2.014 gr/cm<sup>3</sup>, 2.007 gr/cm<sup>3</sup> y 2.018 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, aumentando la MDS con respecto a la muestra del suelo natural de la C-01. En la muestra del suelo natural de la C-02 fue de 2gr/cm<sup>3</sup>, al adicionar 0.02 lt/m<sup>3</sup>, 0.03 lt/m<sup>3</sup> y 0.04 lt/m<sup>3</sup> de Aceite Sulfonado fue de 2.004 gr/cm<sup>3</sup>, 2.010 gr/cm<sup>3</sup> y 2.019 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, aumentando la MDS con respecto a la muestra del suelo natural de la C-02. (ver gráfico).

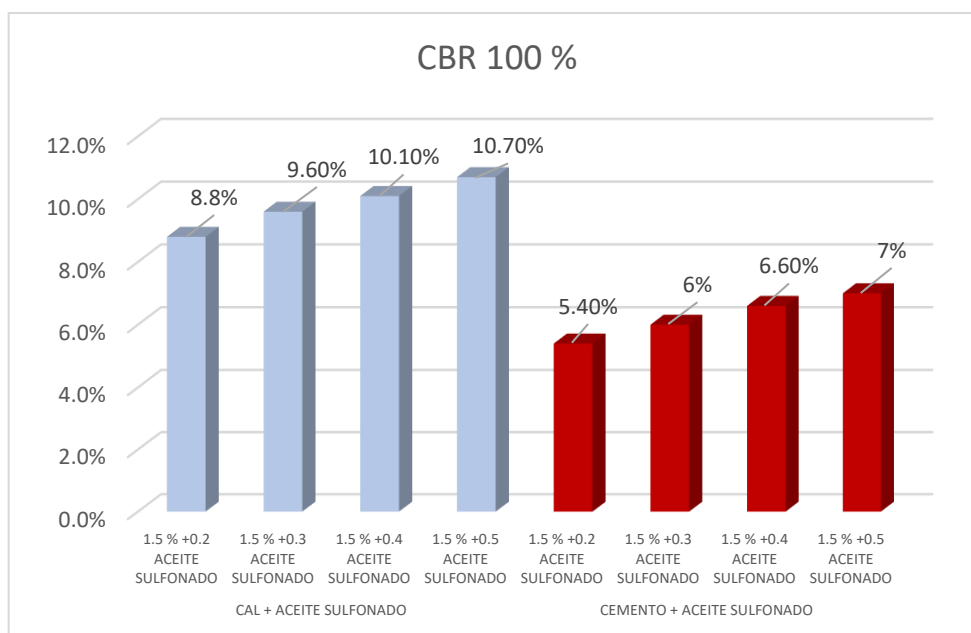


Los resultados de Hoyle Priscila y Rodríguez Carlos, cumplen con la MDS según la norma NTP 339.141; en mi caso, al adicionar las dosificaciones de Aceite sulfonado también se cumple con la norma.

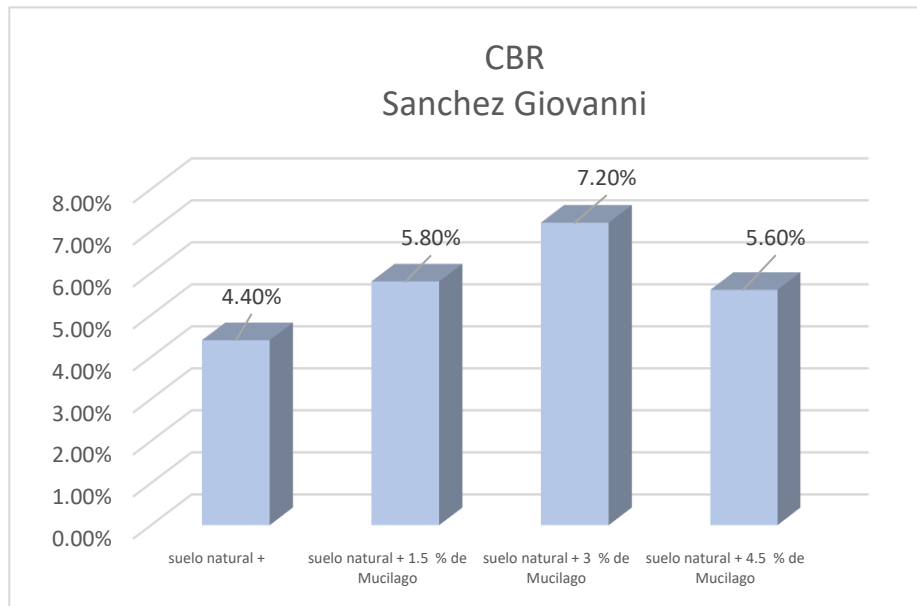
El ensayo de Proctor Modificado para la determinación del MDS es adecuado, debido a que permitieron determinar los valores al adicionar 0.04 lt/m<sup>3</sup> , 0.07 lt/m<sup>3</sup> , 0.09 lt/m<sup>3</sup> 0.02 lt/m<sup>3</sup> , 0.03 lt/m<sup>3</sup> y 0.04 lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado.

### CBR

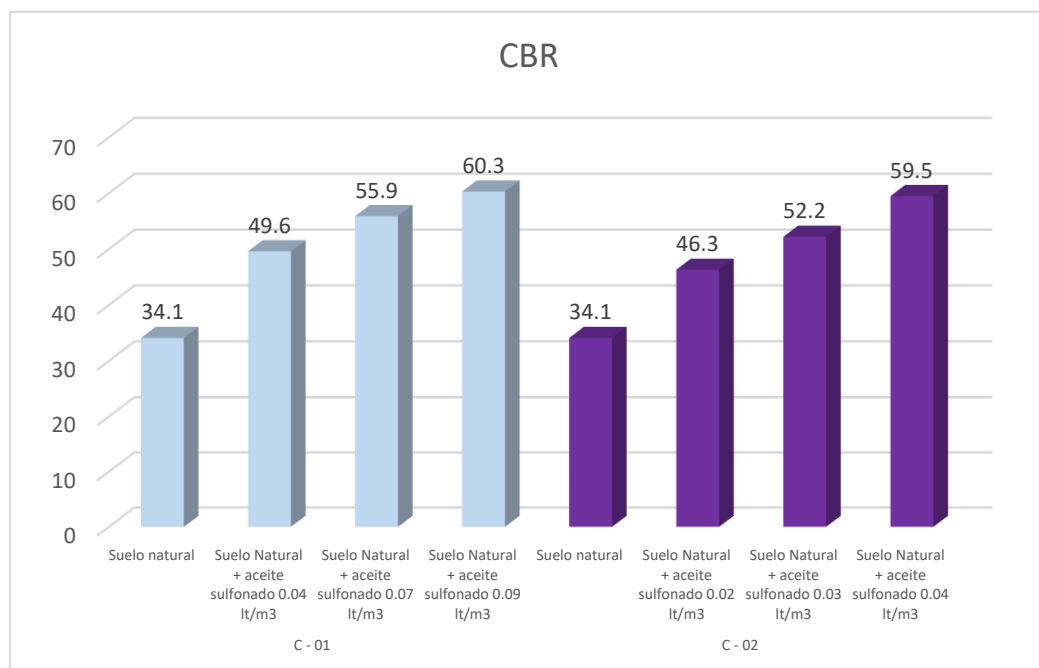
Para Córdoba (2019) en su tesis **“Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la Carretera Departamental Ruta PI- 114 Emp.PE-1N (El Alto–Talara) - Emp. PI-105 (Pariñas), km:08+000.00 - 09+000.00, Talara – Piura, 2019”**. Encuentra un CBR al 100% de 34.1%. lo cual nos muestra que nuestro CBR al 100% es mejor en cuanto a los resultados que obtuvo Córdoba. Para Córdoba sus CBR obtenidos se muestran en la figura



Para **Sánchez Giovanni (2021)**, en su tesis de investigación titulada **“Incorporación del mucilago de tuna para mejorar las propiedades de la subrasante estabilizada en la calle Nieto Miranda, Quillabamba – Cuzco, 2021”**, al adicionar 1.5%, 3.0% y 4.5% de mucilago de tuna a la muestra del suelo natural un 5.8%, 7.2% y 5.6% respectivamente, incrementando el CBR con respecto a la muestra del suelo natural en 31.82%, 63.64% y 27.27% respectivamente (ver gráfico).



En nuestra investigación el CBR de la muestra del suelo natural de la C-01 fue de 34.1 %, al adicionar 0.04 Lt/m<sup>3</sup> , 0.07 Lt/m<sup>3</sup> , y 0.09 Lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado el CBR fue de 49.6 %, 55.9 % y 60.3 % respectivamente, aumentando el CBR con respecto a la muestra del suelo natural de la C-01. En la muestra del suelo natural de la C-02 fue de 34.1 %, al adicionar 0.02 Lt/m<sup>3</sup> , 0.03 Lt/m<sup>3</sup> y 0.04 Lt/m<sup>3</sup> de Aceite Sulfonado fue de 46.3%, 52.2 % y 60.3 % respectivamente, aumentando el CBR con respecto a la muestra del suelo natural de la C-02 (ver gráfico).





Los resultados de Sánchez Giovanni, cumplen con el  $CBR < 3\%$  según el manual de carreteras; para nuestra investigación, con la adición de ACEITE SULFONADO se cumple según el CE 010 pavimentos urbanos.

El ensayo de CBR para la determinación del CBR al 95%MDS es adecuado, debido a que permitieron determinar los valores al adicionar  $0.04 \text{ lt/m}^3$  ,  $0.07 \text{ lt/m}^3$  ,  $0.09 \text{ lt/m}^3$   $0.02 \text{ lt/m}^3$  ,  $0.03 \text{ lt/m}^3$  y  $0.04 \text{ lt/m}^3$  de aceite sulfonado.

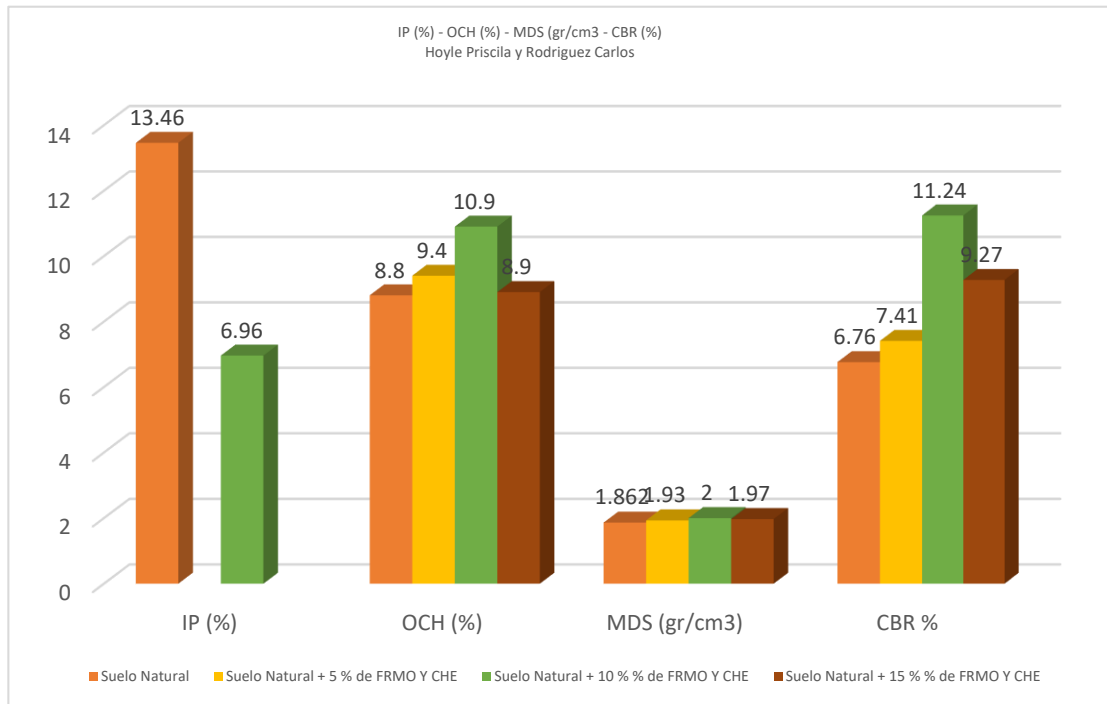
Según **Carranza y Fernández (2018)**, en su tesis ***“aplicación del aditivo proes y conaid para mejorar la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al c.p. barraza, laredo, la libertad-2018”***. Sus resultados muestran que el suelo es de CL es limo arcilloso de tipo A-6 (7), en cuanto a la clasificación SUCS y AASHTO. mientras que nosotros tenemos que la clasificación de suelo SUCS SM nos indica que el suelo es de tipo arena – limo, en cuanto a la clasificación de suelo AASHTO A-1-b (0), es arena gruesa con o sin un ligante de suelo bien graduado. En cuanto al CBR natural obtuvo un 3% lo cual indica que es una subrasante inadecuada, con el aditivo proes y conaid el porcentaje del CBR fue de 70% y 58% lo cual es una subrasante excelente mientras que nosotros tuvimos un CBR natural de 34.1% y aceite sulfonado un CBR de 59.5% lo cual también nos indica que es una subrasante excelente. Según **Quispe (2015)**, en su investigación ***“incidencia de la adición de aditivo perma-zyme 22x en suelos con alto contenido de finos para la construcción de carreteras de tipo afirmado”*** sus resultados obtenidos en cuanto a su clasificación AASHTO es de tipo A-2-6 es un suelo compuesto por gravas y arenas arcillosas con mediana plasticidad con material grueso y según SUCS es de tipo GC. con un CBR de 29.60% y contenido de humedad óptima de 8.0% y su densidad seca máxima de 1.95 gr/cc. En cuanto a nuestra clasificación de suelo SUCS SM nos indica que el suelo es de tipo arena – limo, en cuanto a la clasificación de suelo AASHTO A-1-b (0), está compuesta predominantemente de arena gruesa con o sin un ligante de suelo bien graduado, Podemos notar que añadiendo el aceite sulfonado  $0.09 \text{ lt/m}^3$  el contenido de humedad óptimo que obtuvimos es de 7% y una máxima densidad seca de  $2.018 \text{ gr/cm}^3$  y un CBR de 60.3%. lo cual muestra claramente que nuestro CBR aumento y mejoro la resistencia del suelo.

**Objetivo Especifico 3:** Determinar de qué manera influye la adición de aceite sulfonado en las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabayllo 2022.

Según Yucra (2017), en su tesis *“análisis del uso de aditivos perma-zyme y cloruro cálcico en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada (desvio huancane-chupa)- puno”* obtuvieron en su cantera punta los resultados de Clasificación AASHTO: Materiales granulares, A-1-b (0); fragmentos de roca, grava y arena; excelente a buena, Clasificación SUCS: GC – GM; grava limosa-arcillosa con arena. Teniendo como L.L.= 21.03%. L.P.=14.54%. I.P.=6.00%, una densidad máxima seca de 2.236 gr/cc, contenido de humedad optima de 6.22% y un CBR de 38.9% al 100%. En nuestros ensayos de SUCS SM que es un tipo de suelo es de tipo arena-limo, mientras clasificación de suelo AASHTO A-1-b (0), está compuesta predominantemente de arena gruesa, el contenido de humedad optimo que obtuvimos es de 7% y una máxima densidad seca de 2.019 gr/cm<sup>3</sup> y un CBR de 59.5%. lo cual también nos indica que nuestro CBR aumento y mejoro la resistencia de la subrasante del suelo en cuando al CBR de yucra.

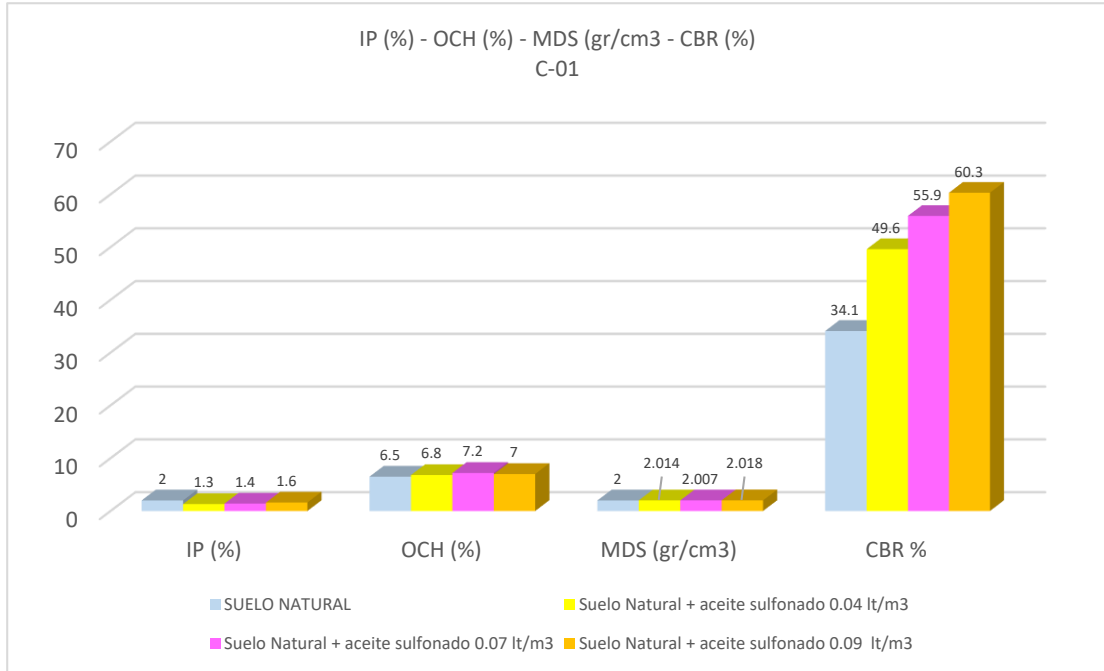
Para Hoyle Priscila y Rodríguez Carlos (2019), en su tesis de investigación titulada “Estabilización del suelo de la trocha carrozable con fibras de raquis de Musa Paradisiaca y cenizas de hojas Eucaliptus de los caseríos Canchas a Colcap, Jimbe, Santa, Áncash – 2019”, el IP de la muestra del suelo natural fue de 13.46%, al adicionar 5%, 10% y 15% de fibra de raquis de Musa Paradisiaca (FRMP) y cenizas de hojas de Eucaliptus (CHE) al suelo natural fue de NP, 6.96% y NP respectivamente, llegando a presentar una disminución del IP en NP, -48.29% y NP con respecto a la muestra del suelo natural. El OCH de la muestra del suelo natural fue de 8.8%, al adicionar 5%, 10% y 15% de fibra de raquis de Musa Paradisiaca (FRMP) y cenizas de hojas de Eucaliptus (CHE) al suelo natural fue de 9.4%, 10.9% y 8.9% respectivamente, incrementando su OCH con respecto a la muestra del suelo natural en 6.82%, 23.86% y 1.14% respectivamente. La MDS de la muestra del suelo natural es 1.862 gr/cm<sup>3</sup>, al adicionar 5%, 10% y 15% de fibra de raquis de Musa Paradisiaca (FRMP) y cenizas de hojas de Eucaliptus (CHE) al suelo natural fue de 1.930 gr/cm<sup>3</sup>, 2.000 gr/cm<sup>3</sup> y 1.970 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, incrementando su MDS con respecto a la muestra del suelo natural en 3.65%, 7.41% y 5.80% respectivamente. El

CBR de la muestra del suelo natural fue 6.76%, al adicionar 5%, 10% y 15% de fibra de raquis de Musa Paradisiaca (FRMP) y cenizas de hojas de Eucaliptus (CHE) al suelo natural fue de 7.41%, 11.24% y 9.27% respectivamente, incrementando su CBR con respecto a la muestra del suelo natural en 9.62%, 66.27% y 37.13% respectivamente (ver gráfico).

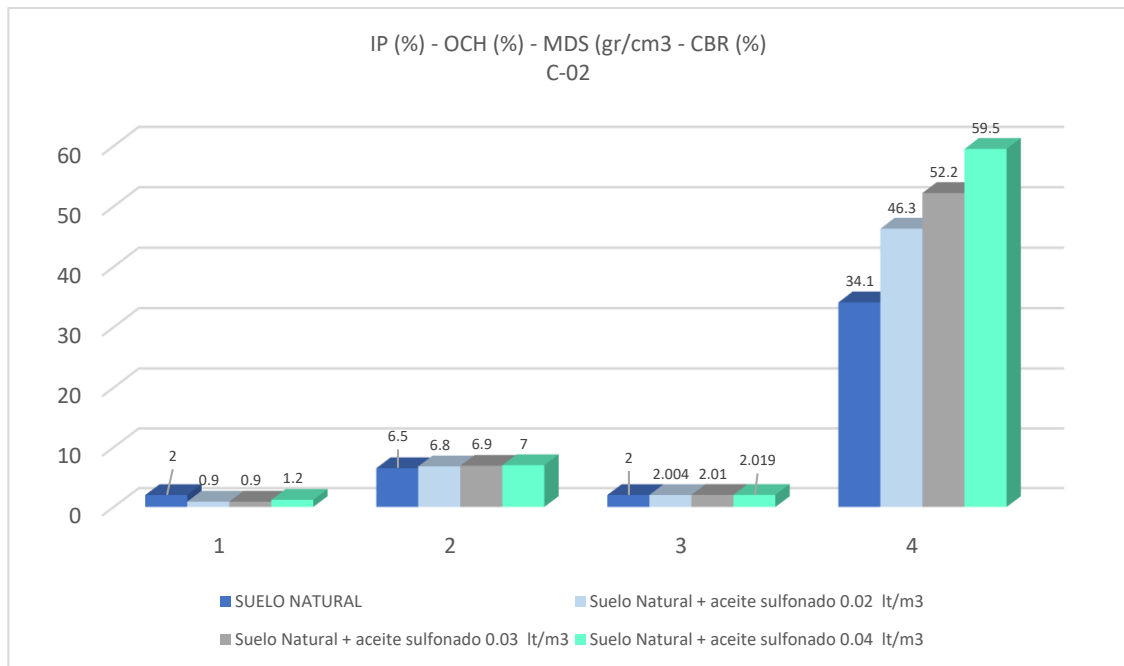


En nuestra investigación el IP de la muestra del suelo natural de la C-01 fue de 2 % y al adicionar 0.04, 0.07, y 0.09 lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado el IP fue de 1.3 %, 1.4 % y 1.6 % respectivamente disminuyendo el IP con respecto a la muestra del suelo natural. El OCH de la muestra del suelo natural de la C-01 fue de 6.5 %, mientras que, al adicionar 0.04 lt/m<sup>3</sup> , 0.07 lt/m<sup>3</sup> , y 0.09 lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado fue de 6.8 %, 7.2 % y 7 % respectivamente, mostrando un incremento del OCH con respecto al suelo natural, mostrando así una disminución del OCH con respecto al suelo natural. La MDS de la muestra del suelo natural de la C-01 es de de 2.0 gr/cm<sup>3</sup>, al adicionar 0.04 lt/m<sup>3</sup> , 0.07 lt/m<sup>3</sup> , y 0.09 lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado fue de 2.014 gr/cm<sup>3</sup>, 2.007 gr/cm<sup>3</sup> y 2.018 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, aumentando la MDS con respecto a la muestra del suelo natural de la C-01. El CBR de la muestra del suelo natural de la C-01 fue de fue de 34.1 %, al adicionar

0.04  $\text{lt/m}^3$  , 0.07  $\text{lt/m}^3$  , y 0.09  $\text{lt/m}^3$  de aceite sulfonado el CBR fue de 49.6 % , 55.9 % y 60.3 % respectivamente, aumentando el CBR con respecto a la muestra del suelo natural de la C-01. (ver gráfico).



El IP de la muestra del suelo natural de la C-02, fue de 2 % y al adicionar 0.02  $\text{lt/m}^3$  , 0.03  $\text{lt/m}^3$  y 0.04  $\text{lt/m}^3$  de Aceite Sulfonado fue de 0.9%, 0.9% y 1.2% respectivamente, disminuyendo el IP con respecto a la muestra del suelo natural de la C-02. El OCH de la muestra del suelo natural de la C-02 fue de 6.5%, al adicionar 0.02  $\text{lt/m}^3$  , 0.03  $\text{lt/m}^3$  y 0.04  $\text{lt/m}^3$  de Aceite Sulfonado fue de 6.8%, 6.9% y 7% respectivamente, mostrando así una variación del OCH con respecto al suelo natural de la C-02. La MDS de la muestra del suelo natural de la C-02 es de 2  $\text{gr/cm}^3$ , al adicionar 0.02  $\text{lt/m}^3$  , 0.03  $\text{lt/m}^3$  y 0.04  $\text{lt/m}^3$  de Aceite Sulfonado fue de 2.004  $\text{gr/cm}^3$ , 2.010  $\text{gr/cm}^3$ , y 2.019  $\text{gr/cm}^3$  respectivamente, aumentando la MDS con respecto a la muestra del suelo natural de la C-02. El CBR de la muestra del suelo natural de la C-02 fue de 34.1%, al adicionar 0.02  $\text{lt/m}^3$  , 0.03  $\text{lt/m}^3$  y 0.04  $\text{lt/m}^3$  de Aceite Sulfonado fue de: 46.3%, 52.2% y 59.5% respectivamente, aumentando el CBR con respecto a la muestra del suelo natural de la C-02. (ver gráfico).



Los resultados de Hoyle Priscila y Rodríguez Carlos, cumplen con la norma NTP; así mismo, en mi caso al adicionar Aceite Sulfonado se logra cumplir con la NTP y CE 010 pavimentos urbanos.

Los ensayos realizados en laboratorio, tales como límites de consistencia, Proctor modificado, CBR son adecuados, debido a que ha permitido determinar los valores al adicionar 0.04, 0.07, 0.09 lt/m<sup>3</sup>, 0.02 lt/m<sup>3</sup>, 0.03 lt/m<sup>3</sup> y 0.04 lt/m<sup>3</sup> de Aceite Sulfonado, respectivamente.

**Objetivo Especifico 4:** Determinar de qué manera influye la dosificación optima de aceite sulfonado en el costo de la Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022.

**Costo directo de los aditivos cal con aditivo y cemento con aditivo**

Dosificaciones	Parcial S/.
Cal+ Aceite sulfonado	S/.14.41
1.5% + 0.2 Aceite sulfonado	S/.38.41
1.5% + 0.3 Aceite sulfonado	S/.50.41
1.5% + 0.4 Aceite sulfonado	S/.62.41
1.5% + 0.5 Aceite sulfonado	S/.74.41
Cemento + Aceite sulfonado	S/.32.18
1.5% + 0.2 Aceite sulfonado	S/.56.18
1.5% + 0.3 Aceite sulfonado	S/.68.18
1.5% + 0.4 Aceite sulfonado	S/.80.18
1.5% + 0.5 Aceite sulfonado	S/.92.18

**Costo directo con aditivo aceite sulfonado**

dosificaciones	parcial S/.
suelo + 0.04 Aceite Sulfonado. lt/m3	S/50.34
suelo + 0.07 Aceite Sulfonado. lt/m3	S/53.84
suelo + 0.09 Aceite Sulfonado. lt/m3	S/55.59

En cuando al costo directo podemos apreciar que Córdoba en cuanto al cal más el aceite sulfonado en sus distintas dosificaciones tuvo un gasto general de S/. 240.05 soles, con el cemento y aceite sulfonado tuvo un costo de S/. 328.9 soles, mientras que nosotros tuvimos un gasto general con el aceite sulfonado con sus dosificaciones respectivas un S/. 159.77 soles.

Lo cual muestra claramente que el costo fue menor al que obtuvo Córdoba.

## VI. CONCLUSIONES

1. La adición de Aceite Sulfonado en sus diferentes dosificaciones influye positivamente en la estabilización de la subrasante en la Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real del Distrito de Carabayllo – 2022.
2. De las propiedades físicas establecidas con la adición de aceite sulfonado para la estabilización de la subrasante se tiene:
  - Al adicionar 0.04, 0.07, 0.09  $\text{lt}/\text{m}^3$  , 0.02  $\text{lt}/\text{m}^3$  , 0.03  $\text{lt}/\text{m}^3$  y 0.04  $\text{lt}/\text{m}^3$  de aceite sulfonado, el IP en relación a la muestra del suelo natural de la C-01 es 2 %, con las adiciones disminuyó, mientras que el IP en relación a la muestra del suelo natura de la C-02 es 2, con las adiciones de aceite sulfonado disminuyó en relación a la muestra natural. Para ambos casos se esta cumpliendo con el valor mínimo exigido por la NTP 339.129 y MTC – Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013), con un mínimo de 0% y un máximo de 20 % denominándolo como un suelo de media plasticidad.  
Entonces debemos determinar que la adición de aceite sulfonado influye de manera positiva en las propiedades físicas de la subrasante en la Avenida Tupac Amaru con Avenida Camara Real, Carabayllo – 2022.
3. De las propiedades mecánicas con la adición de aceite sulfonado para la estabilización de la subrasante tenemos que:
  - Al adicionar 0.04  $\text{lt}/\text{m}^3$ , 0.07  $\text{lt}/\text{m}^3$ , 0.09  $\text{lt}/\text{m}^3$  de aceite sulfonado, el OCH en relación a la muestra del suelo natural de la C-01 es 6.5 % con las adiciones disminuyó en relación a la muestra de la C-01, mientras que al adicionar 0.02  $\text{lt}/\text{m}^3$  , 0.03  $\text{lt}/\text{m}^3$  y 0.04  $\text{lt}/\text{m}^3$  de aceite sulfonado, el OCH en relación a la muestra del suelo natural del C-02 es 6.5 %, por lo tanto, con las adiciones disminuyó en relación al suelo natural. Para ambos casos se esta cumpliendo con la NTP 339.141 y MTC – Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013).
  - Al adicionar 0.04  $\text{lt}/\text{m}^3$ , 0.07  $\text{lt}/\text{m}^3$ , 0.09  $\text{lt}/\text{m}^3$  de aceite sulfonado, la MDS en relación a la muestra del suelo natural de la C-01 es 2, con

las adiciones se incrementó, mientras que al adicionar 0.02 lt/m<sup>3</sup> , 0.03 lt/m<sup>3</sup> y 0.04 lt/m<sup>3</sup> de aceite sulfonado al suelo natural de la muestra C-02. Para ambos casos se esta cumpliendo a NTP 339.141, MTC - Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013) y CE 0.10 Pavimentos Urbanos, incidiendo que a mayor densidad se obtiene más resistencia y disminuye su porosidad.

- Se determino, que la incorporación de aceite sulfonado en sus distintas dosificaciones aumentan el CRB en referencia a su estado natural 17.0% en cuanto a un CBR de suelo natural + aceite sulfonado (0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>, 0.09 lt/m<sup>3</sup>) los CBR resultan (49.6%, 55.9%, 60.3%) demostrando que al aumentar el aceite sulfona progresivamente mejora la resistencia del suelo.
  - Se determino, que la incorporación de Aceite Sulfonado en sus distintas dosificaciones aumentan el CRB en referencia a su estado natural 34.1% en cuanto a un CBR de suelo natural + Aceite Sulfonado (0.02 lt/m<sup>3</sup>, 0.03 lt/m<sup>3</sup>, 0.04 lt/m<sup>3</sup>) los CBR resultan (46.3%, 52.2%, 59.5%) demostrando que al aumentar el Aceite Sulfonado progresivamente mejora la resistencia del suelo.
4. Los ensayos de Proctor modificado aumento en cuanto al suelo natural que fue de máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) de 2.000 y Optimo contenido de humedad (%) de 6.5, cuando se añadió el Aceite sulfonado en sus dosificaciones (0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>, 0.09 lt/m<sup>3</sup>) se obtuvo Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) de 2.014, 2.007, 2.018 y Optimo contenido de humedad (%) de 6.8, 7.2, 7.0 respectivamente.
5. De las diferentes dosificaciones de aceite sulfonado en las propiedades físico – mecánicas para la estabilización de la subrasante se tiene:
- Al adicionar aceite sulfonado al 0.04 lt/m<sup>3</sup> para la muestra C-01, el IP (de 2% a 1.3%) y el OCH (de 6.5 % a 6.8%) se incrementa, la MDS (de 2.00 gr/cm<sup>3</sup> a 2.014 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (de 34.1 % a 49.6 %) se incrementan. Para la muestra C-02, el IP (de 2.00 % a 0.9 %) disminuye, el OCH (de 6.5 % a 6.8 %) se incrementa, la MDS (de



2.00 gr/cm<sup>3</sup> a 2.004 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (de 34.1 % a 46.3 %) incrementan con respecto al suelo natural.

- Al adicionar aceite sulfonado al 0.07 lt/m<sup>3</sup> para la muestra C-01, el IP (de 2% a 1.4%) disminuye, el OCH (de 6.5 % a 7.2%) se incrementa, la MDS (de 2.00 gr/cm<sup>3</sup> a 2.007 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (de 34.1 % a 55.9 %) se incrementan. Para la muestra C-02, el IP (de 2.00 % a 0.9 %) disminuye, el OCH (de 6.5 % a 6.9 %) se incrementa, la MDS (de 2.00 gr/cm<sup>3</sup> a 2.019 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (de 34.1 % a 52.2 %) incrementan con respecto al suelo natural.
- Al adicionar aceite sulfonado al 0.09 lt/m<sup>3</sup> para la muestra C-01, el IP (de 2% a 1.6%) disminuye, el OCH (de 6.5 % a 7%) se incrementa, la MDS (de 2.00 gr/cm<sup>3</sup> a 2.018 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (de 34.1 % a 60.3%) se incrementan. Para la muestra C-02, el IP (de 2.00 % a 1.2 %) disminuye, el OCH (de 6.5 % a 7 %) se incrementa, la MDS (de 2.00 gr/cm<sup>3</sup> a 2.019 gr/cm<sup>3</sup>) y el CBR (de 34.1 % a 59.5 %) incrementan con respecto al suelo natural.

De las adiciones mencionadas se puede deducir que la adición de aceite sulfonado influye de manera positiva en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante de la Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real – Carabaylo – 2022.

6. Se analizó, que la intervención en su clasificación SUCS y AASHTO de la carretera no pavimentada Tupac Amaru con Av. Cámara Real, fue de SM nos indica que el suelo es de tipo arena – limo, en cuanto a la clasificación de suelo A-1-b (0), incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de arena gruesa con o sin un ligante de suelo bien graduado, que los ensayos de Proctor modificado aumentó en cuanto al suelo natural que fue de máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) de 2.000 y Óptimo contenido de humedad (%) de 6.5.
7. Se determinó, que el costo de los distintos aditivos en sus distintas dosificaciones son variables por cuanto tenemos que con el aceite sulfonado en un (0.04, 0.07, 0.09) lt/m<sup>3</sup> el costo fue de S/50.34, S/53.84, S/55.59.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la incorporación de aceite sulfonado en su dosificación de (0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>, 0.09 lt/m<sup>3</sup>) el cual aumentan el CBR (46.3%, 52.2%, 59.5%) demostrando que al aumentar el aceite sulfonado progresivamente mejora la resistencia del suelo.
2. Se requiere que la incorporación del aceite sulfonado en sus distintas dosificaciones en cuanto a un CBR de suelo natural + Aceite sulfonado (0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>, 0.09 lt/m<sup>3</sup>) los CBR resultan (49.6%, 55.9%, 60.3%) el Proctor modificado aumento en cuanto al suelo natural que fue de máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) de 2.000 y Optimo contenido de humedad (%) de 6.5, cuando se añadió el Aceite sulfonado en sus dosificaciones (0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>, 0.09 lt/m<sup>3</sup>) se obtuvo Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) de 2.014 , 2.007, 2.018 y Optimo contenido de humedad (%) de 6.8 , 7.2 , 7.0 respectivamente.
3. Se recomienda, que los ensayos de Proctor modificado aumentaron en cuanto al suelo natural que fue de máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) de 2.000 y Optimo contenido de humedad (%) de 6.5, cuando se añadió el aceite sulfonado en sus dosificaciones (0.04 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>, 0.09 lt/m<sup>3</sup>) se obtuvo resistencia (lt/m<sup>3</sup>) de 2.02, 2.56, 2.75.
4. Se recomienda, que el costo del aceite sulfonado en un (0.04, 0.07,0.09) lt/m<sup>3</sup> el costo fue de S/50.34, S/53.84, S/55.59. notándose que es más económico el aceite sulfona el cual se debería usar más usualmente en los proyectos de vías.

## REFERENCIAS

- ABOUKHADRA (2019). *Cogent Engineering. Experimental evaluation of strength characteristics of different Egyptian soils using enzymatic stabilizers. Civil & Environmental Engineering| Recerca Article [en línea]. Disponible en <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1517577> 5: 1517577.*
- ANCADE; Anter :(2008). *Manual de Estabilización de Suelos con Cemento o Cal. En I. E. (IECA) (Ed.). Madrid: I.S.B.N.: 978-84-89702-23-3.*
- ARIAS, Fidas. *Introducción a la metodología científica, 6<sup>ta</sup> Ed. Venezuela, 2015. ISBN: 980-07-8529-9.*
- ASTM D4609 – (2008). *Standard Guide for Evaluating Effectiveness of Admixtures for Soil Stabilization. American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, PA, USA.*
- BERNAL TORRES, Cesar. *Metodología de la investigación, 3<sup>ra</sup> Ed. Colombia, 2014. ISBN: 978-958-699-128-5.*
- BRAZETTI, R. y MURPHY, S.R. (2000). *General usage of Bio-Enzyme stabilizers in Road Construction in Brazil”, 32nd annual meeting on paving, Brazil.*
- CARRANZA, Antonella y FERNÁNDEZ, (2018). *Delia. “aplicación de los aditivos proes y conaid para mejorar la capacidad de soporte (cbr) de la subrasante en la vía de acceso al c.p. barraza, laredo, la libertad-2018”. Universidad privada del norte, Trujillo.*
- CON-AID CBR PLUS. (2018). *Estabilización Química en Suelos.*
- CHOQUE, H. M. (2012). *Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas (Tesis de Grado), Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. 2012*
- ENZYMES(2016). *Disponible: <http://globalenzymes.net/Pagina%20de%20Permazyme/FAQ.html>.*
- ESPINOZA, M. (2019). *Factibilidad técnica y económica de Perma Zyme para la*

*estabilización de un suelo arcilloso de la ciudad de Talca (Tesis de Grado), Universidad de Talca, Chile. (2011). EUJINE, G. N. et al. Influence of enzymatic lime on clay mineral behavior. Arabian Journal of Geosciences [en línea]. v. 10, n. 20, p. 454, 2017. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3238-z>*

FASSBENDER, & BORNEMISZA. (2013). *Composición Química del suelo.*

FUENTES, Felipe. (2014). "estabilización de suelos mediante el químico gt-24x en suelos de subrasante de la ciudad de concepción". *Universidad del bio -bio, chile. 2014.*

GANAPATHY, G. P. (2019). *et al. Bio-enzymatic stabilization of a soil having poor engineering properties. International Journal of Civil Engineering [en línea]. v. 15, n. 3, p. 401-409, 2017. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.329>*

GOÑAS LABAJOS, Olger; SALDAÑA NUÑEZ, Jhon Hilmer. (2020). "Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada". Chachapoyas: Revista Científica UNTRM

HERNÁNDEZ, Roberto. (2010). *Metodología de la investigación, 6<sup>ta</sup> Ed. Mc Graw-Hill. México 2010. ISBN 968-422-931-3.*

HERNÁNDEZ, Roberto. (2010). *Metodología de la investigación. 4<sup>ta</sup> Ed. Mc Graw-Hill. México 2010. 697pp. ISBN 968-422-931-3.*

JONES, D., & SURDAHL, R. (2014). *A New Procedure for Selecting Chemical Treatments or Unpaved Roads. University of California Davis, University of California Pavement Research Center, Department of Civil and Environmental Engineering, Davis, CA.*

JUAREZ, Eulalia y RICO, Alfonso. (2013). *Mecánica de suelos (Tomo II). Editorial Limusa. México.*

KHAN, L.I. (2015). *Enzyme Enhanced Stabilization of Soil an Fly Ash. Fly Ash for Soil Improvement. ASCE GPS 36. 43-58. New York.*

KHAN, T. A., & TAHA, M. R. (2019). *Effect of three bioenzymes on compaction, consistency limits, and strength characteristics of a sedimentary residual soil. Advances in Materials Science and Engineering [en*

línea]. 2015, 1–9. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2019]. Disponible en doi:10.1155/2015/798965.

LIM, S.M & WIJEYESEKERA, D.C. (2019). *Critical review of innovative soil road stabilization techniques. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) [en línea]. 2014, Volume-3 Issue-5. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.ijeat.org/archive/>. ISSN: 2249 – 8958.*

Manual De Diseño De Carreteras No Pavimentadas De Bajo Volumen De Tránsito. (2014). En D. G. Ferrocarriles. Lima: Tarea Asociación Gráfica Educativa. Obtenido de Dirección General de Camino y Ferrocarriles, MTC. 2014. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2014. Obtenido de Dirección General de Caminos Y Ferrocarriles: \_MTC. 2014.

MALKO, J. A. C. et al. (2015). *Application of Enzymes for Stabilization of Soils in Paving. Key Engineering Materials [en línea]. v. 668, p. 150-159, 2015. [Fecha de consulta: 3 de octubre de 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.668.150>.*

MEJÍA IBÁÑEZ, Raúl. (2017). *Metodología de la investigación. 3<sup>ra</sup> Ed. Bolivia, 2017. 44pp., ISBN 978-99954-0-303-4.*

MIRANDA, Juan y NEGRETE, David. (2014). "estabilización de suelos cohesivos con el uso de cloruro de calcio". Universidad Católica del Ecuador, Ecuador. 2014.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Ensayo de Materiales (pp. 44, 49, 67, 72, 105 y 248) Perú.*

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (pp. 12 - 14) Perú.*

MOP - 001-F (2002). *Estabilización de Subrasante con Enzimas Orgánicas - Item 402-9 – pag. IV-34. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. Republica del Ecuador. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, Quito, 2002.*

SANCHEZ QUECAÑO, G. M. (2021). "Incorporación del mucilago de tuna para mejorar las propiedades de la subrasante estabilizada en la calle Nieto Miranda, Quillabamba-Cusco, 2021". Cusco: repositorio ucv.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de Consistencia

**TITULO:** “Estabilización mediante aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Av. Tupac Amaru con Av. Cámara Real, Lima – 2022”

**AUTOR:** Br. Rentería Gutierrez Edwin Fredy.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Problema General:</b> ¿De qué manera influye la Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabayllo 2022?	<b>Objetivo General:</b> Evaluar de qué manera influye la Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabayllo 2022.	<b>Hipótesis General:</b> La estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado se relaciona de manera positiva en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabayllo 2022.	INDEPENDIENTE	Estabilización mediante el uso de aceite sulfonado	Dosificación aceite sulfonado	0.04lt/m³	Probeta Volumétrica  Ficha de recolección de datos de la balanza digital de medición.
						0.07lt/m³	
						0.09lt/m³	
<b>Problemas Específicos:</b> ¿Cómo influye la dosificación de la adición del aceite sulfonado en las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Av. Tupac Amaru con Av. Cámara Real, Carabayllo 2022?.	<b>Objetivos Específicos:</b> Determinar de qué manera influye la dosificación de la adición de aceite sulfonado en las propiedades físico de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022.	<b>Hipótesis Específicos:</b> ¿La dosificación de aceite sulfonado se relaciona de manera positiva en la estabilización de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022?.					
¿Cómo influye la adición del Aceite Sulfonado en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Av. Tupac amaru con Av. Cámara Real, Carabayllo 2022?.	Determinar como influye la adición de aceite sulfonado en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022.	¿La adición de óptima de aceite sulfonado se relaciona de manera positiva en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022?.	DEPENDIENTE	Propiedades de la subrasante	Propiedades físicas	Análisis granulométrico (%)	Ficha De recolección de datos del ensayo según Norma NTP 350.001/MTC E-105-2013
						Contenido de humedad (%)	Ficha De recolección de datos del ensayo según Norma NTP 339.127/MTC E-108
						Clasificación de suelo SUCS AASHTO	Ficha De recolección de datos del ensayo según Norma ASTM D-2487, M-145
						Límite líquido (%)	Ficha De recolección de datos del ensayo según Norma NTP 339.129/MTC E-111
						Límite plástico (%)	Ficha De recolección de datos del ensayo según Norma NTP 339.129/MTC E-111
						Indice de plasticidad (IP) (%)	Ficha De recolección de datos del ensayo según Norma ASTM D2487/MTC E-108
¿Cómo influye la adición de Aceite Sulfonado en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabayllo 2022?	Determinar de qué manera influye la adición de aceite sulfonado en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabayllo 2022.	¿La adición de aceite sulfonado influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabayllo 2022?.			Propiedades mecánicas	Densidad seca máxima (Tn/m3)	Ficha DE Recolección de datos del ensayo según Norma NTP 339.142 / MTC E – 115
						Obtmo contenido de humedad (%)	
						Ensayo de CBR (%)	Ficha de recolección de datos del ensayo según Norma NTP 339.613
: ¿Como influye la dosificación optima de aceite sulfonado en el costo de la Estabilización química mediante el uso del	Determinar de qué manera influye la dosificación optima de aceite sulfonado en el	¿La adición de aceite sulfonado influye de manera positiva en el costo de la Estabilización química en la carretera no pavimentada en				COSTO	ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Av. Tupac amaru con Av. Cámara Real, Carabaylo 2022?.	costo de la Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabaylo 2022.	Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real, Carabaylo 2022?.					
--	--	---	--	--	--	--	--



## Anexo 2. Matriz de Operacionalización de Variables

**TITULO:** “Estabilización mediante aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Av. Tupac Amaru con Av. Cámara Real, Lima – 2022”

**AUTOR:** Br. Renteria Gutierrez Edwin Fredy

VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado	Para Suarez (2015), La “estabilización química mediante aditivos mejoran la resistencia del suelo y la fricción de la mezcla suelo- producto estabilizante.” (p.1)	Proceso realizado técnicamente al aceite sulfonado para determinar su estado y composición física química como aditivos estabilizantes	Dosificación de aceite sulfonado	0.04 lt/m <sup>3</sup>	Razón	<b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada. <b>Nivel de Investigación:</b> Descriptivo - Explicativo. <b>Diseño de Investigación:</b> Experimental: .cuasi-experimental <b>Enfoque:</b> Cuantitativo. <b>Población:</b> carretera no Pavimentada <b>Muestra:</b> 3000 metros de carretera. <b>Muestreo:</b> No Probabilístico - se ensayará en todas las calicatas. <b>Técnica:</b> Observación y experimento. <b>Instrumento de recolección de datos:</b> - Fichas de recolección de datos - Equipos y herramientas de laboratorio. - Software de análisis de datos. (Excel, SPSS)
				0.07 lt/m <sup>3</sup>		
				0.09 lt/m <sup>3</sup>		
la carretera no pavimentada Avenida Tupac Amaru con Avenida Cámara Real	Para castro (2016) Las “carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito presentan un estado regular a causas asociada a su uso y diseño constructivo”	Proceso realizado metódica y técnicamente al pavimento para determinar su estado y composición física química con aditivos estabilizantes	Costos	Presupuesto	Razón	
				Costo Directo		
			Propiedades Físico - Mecánicas	Capacidad Portante		
				Densidad Seca Máxima		
				Resistencia a la Flexión Índice de plasticidad		
Resistencia						

## ANEXO 2: Validación de fichas de los instrumentos

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D- 1422						
PROYECTO: "Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabayllo 2022"						
SOLICITANTE: Edwin Fredy Rentería Gutiérrez						
FECHA:						
TAMICES		PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% QUE PASA	Humedad natural:
Plg.	ABERT. mm					Limite liquido:
3"	76.200					Limite plasticidad:
2 ½"	63.500					Indice de plasticidad:
2"	50.800					Densidad máxima:
1 ½"	38.100					Humedad óptima:
1"	25.400					CLASIFICACION SUELOS: ASHTO
¾"	19.050					Indice de grupo:
½"	12.700					CBR 95%:
3/8"	9.525					Durabilidad:
¼"	6.350					Abrasión los Angeles:
#4	4.760					Equivalente de arena:
#8	2.380					Peso específico:
#10	2.000					Tipo de material:
#16	1.190					Tipo de depósito:
#20	0.840					% de gravas:
#30	0.590					% de expansión:
#40	0.420					PROPIEDADES GEOFISICAS DEL SUELO
#50	0.295					% de partículas chatas y alargadas:
#60	0.250					% de Piedra mayor de 2":
#80	0.180					% de partículas desmesurables:
#100	0.149					OBSERVACIONES:
#140	0.105					
#200	0.074					
<200						

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	
NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA/CIP
EXPERTO 1: <i>Rolix German de la Cruz Ramirez</i>	<i>[Firma]</i> ..... SERGIO AREDEF HAVAZ INGENIERO CIVIL CIP N° 264922
EXPERTO 2: <i>Rolando Chavez, Sergio</i>	<i>[Firma]</i> ..... SERGIO AREDEF HAVAZ INGENIERO CIVIL CIP N° 264922
EXPERTO 3: <i>Augusto Masasa Pozolar</i>	<i>[Firma]</i> ..... cip 63536

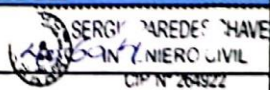
## ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE ASTM D 2166

**PROYECTO:** "Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabaylo 2022"

**SOLICITANTE:** Edwin Fredy Rentería Gutiérrez

**FECHA:**

Tiempo (seg.)	Deformación		Carga (kg.)	Deformación unitaria ( $\epsilon$ )	1- $\epsilon$	Área corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )
	Probeta (plg.)	Anillo 0.0001"					
15							
30							
45							
60							
75							
90							
105							
120							
135							
150							
165							
180							

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	
NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA/CIP
EXPERTO 1: <i>Felipe German delgado Román</i>	<i>[Firma]</i> 
EXPERTO 2: <i>Paredes Chavez, Sergio</i>	<i>[Firma]</i> CIP 264922
EXPERTO 3: <i>Alonso Paredes Bayala</i>	<i>[Firma]</i> CIP 55556

## ENSAYO CBR ASTM D-1883

**PROYECTO:** "Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Avenida Tupac amaru con Avenida cámara real, Carabayllo 2022"

**SOLICITANTE:** Edwin Fredy Rentería Gutiérrez

**FECHA:**

### COMPACTACIÓN DEL CBR

Molde N°	13		11		15	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa	56		26		12	
Con. De la muestra	Hum.	Sumerg.	Hum.	Sumerg.	Hum.	Sumerg.
Peso molde + suelo hum. (gr.)						
Peso del molde (gr)						
Volume del molde (cm <sup>3</sup> )						
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )						
<b>DENSIDAD SECA (kg/cm<sup>3</sup>)</b>						
Taro N°						
Taro + suelo húmedo						
Taro + suelo seco						
Agua						
Peso del taro						
Peso suelo seco						
% de humedad						
<b>HUMEDAD %</b>						

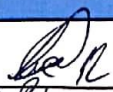

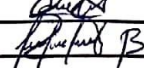
### EXPANSIÓN

DIA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0									
2									
4									

### PENETRACION

PENETRACIÓN N (mm)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
	Fuerza (kN)	Fuerza calib. (kN)	Esfuerzo (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza calib. (kN)	Esfuerzo (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza calib. (kN)	Esfuerzo (MPa)
0.000									
0.630									
1.270									
1.900									
2.540									
...continua									

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA/CIP
EXPERTO 1: Félix Germán delgado Ramírez	 SERGIO GREGORIO HAVEZ ING. CIVIL CIP N° 264922
EXPERTO 2: Paredes Chocuz, Sergio	 CIP N° 53536
EXPERTO 3: Legarte bayalar nasoso	 CIP N° 53536

**ANEXO 3: Ensayos de laboratorio**



MALLAS		DENOMINACIÓN	C-1 M-1 (0.30 - 1.00)					
SEÑE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PAASA (%)				
3"	75.200	MTC 0-134 (2000)						
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400				100			
3/4"	19.000			8	94			
1/2"	12.700			7	87			
3/8"	9.525			6	79			
1/4"	6.350			5	70			
N° 4	4.750			5	65			
N° 6	3.280			4	61			
N° 8	2.360			3	56			
N° 10	2.000			4	54			
N° 15	1.190			4	50			
N° 20	0.840			3	47			
N° 30	0.600			5	41			
N° 40	0.425			4	37			
N° 50	0.300			3	34			
N° 60	0.250			10	34			
N° 100	0.149			4	25			
N° 200	0.074		3	17				
- N° 200	-		17	-				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		NTP 336.127 (1.999)	2.4					
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)		NTP 336.126 (1.999)	22					
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		NTP 336.125 (1.999)	20					
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		NTP 336.124 (1.999)	2					
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)		NTP 336.134 (1.999)	SM					
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)		NTP 336.135 (200)	A-1-G (0)					

- Observaciones:**
- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
  - Fecha de orden de ensayo y/o preparación.
  - Este documento no sustituye al empleo de los materiales evaluados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



*[Handwritten Signature]*  
**ING° JORGE ISAAC CARTAREDA CENTURÓN**  
 CIP 83285

<b>SOLICITANTE</b>	:	<b>Edwin Fredy Rentería Gutiérrez</b>	<b>MUESTRA</b>	:	<b>SUELO</b>
<b>PROYECTO DE TESIS</b>	:	'Estabilización mediante aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Av. Tupac Amaru Con Av. Cámara Real - Lima - 2022'	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	:	Calcula.
<b>UBICACIÓN</b>	:	Tramo km 7+500 al km8+500 de la Av. Tupac Amaru con Av. cámara real.	<b>CANTIDAD</b>	:	55.0 Kg
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	:	02.04.2022	<b>PRESENTACIÓN</b>	:	Seco.
			<b>FECHA ENSAYO</b>	:	29.04.2022

MALLAS		DENOMINACIÓN	C-2 M-2 (0.00 - 1.50)					
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PROPA (%)				
3"	76.200	MTC E-104 (2000)						
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400				100			
3/4"	19.050			6	98			
1/2"	12.700			7	90			
3/8"	9.525			8	84			
1/4"	6.350			6	76			
N° 4	4.750			6	70			
N° 6	3.360			4	64			
N° 8	2.380			5	60			
N° 10	2.000			3	55			
N° 16	1.190			3	52			
N° 20	0.840			4	49			
N° 30	0.590			4	45			
N° 40	0.426			5	41			
N° 50	0.297			3	36			
N° 80	0.177			11	33			
N° 100	0.149			4	22			
N° 200	0.074		3	17				
- N° 200	-		17	-				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		NTP 330.127 (1 999)	2.4					
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)		NTP 330.128 (1 999)	22					
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		NTP 330.128 (1 999)	20					
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		NTP 330.128 (1 999)	2					
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)		NTP 330.134 (1 999)	SM					
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)		NTP 330.135 (99)	A-1-b (2)					

**Observaciones:**

- Muestra proporcionada e identificada por nuestro Laboratorio.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ( C.B.R. ) ASTM D1883-9 C**

Muestra : SUMERGIDO  
Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C )-91**

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.004  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 6.8

**b).- Compactación de moldes**

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.004	1.895	1.801
Contenido de Humedad	6.8	6.9	6.8

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración**

MOLDE N°	Penetración ( pulg )	Presión Aplicada (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.1	463	1000	46.3
II	0.1	257	1000	25.7
III	0.1	135	1000	13.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 46.3 %  
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 27.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

**Nota:** La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

LSP (524)  
calo/vrc  
O.S. N°046

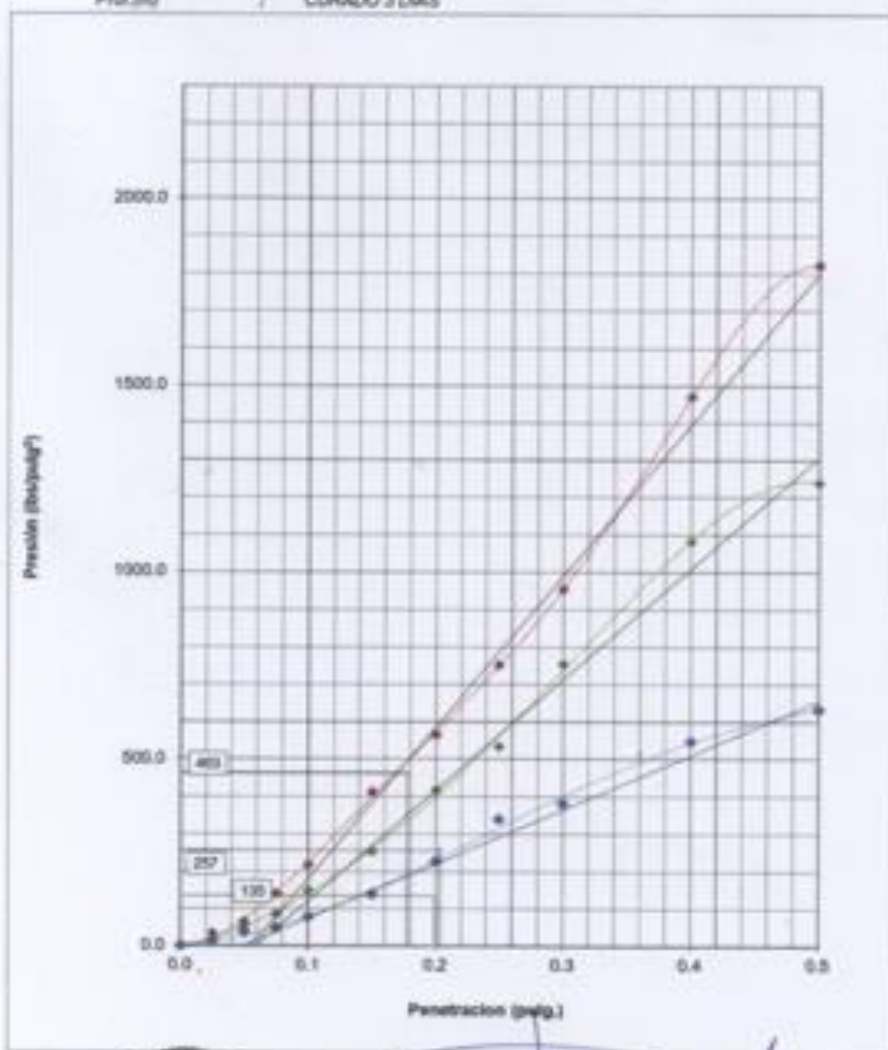


**ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURÓN**  
CIP 83285

Lima, 28 de Setiembre del 2009

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 ( C ) - 91

Muestra : SUMERGIDO  
 Prof. (m) : CURADO 3 DIAS



LSP (6/24)  
 calc/vrc  
 O.S. N°046



*[Signature]*  
**ING JORGE ISAAC CASTAREDA CENTURÓN**  
 CIP 83285  
 Lima, 28 de Setiembre del 2020



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 ( C ) - 91**

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.004
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.9
CBR al 100% de la MDS (%)	46.3
CBR al 95% de la MDS (%)	27.9

Celula : C-1 M-1 (0.00 - 1.30) + Perforada 3.00 mm  
 Muestra : SUMERGIDO  
 Profund : CURADO 3 DIAS



LSP/COM  
 def/vo  
 G.S. N°048



*[Handwritten Signature]*  
 ING. JORGE RAMIRO CASTAÑEDA CANTILLO  
 CIP 93285  
 Lima, 26 de Setiembre del 2020

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ( C.B.R. ) ASTM D1883-9 C**

Muestra : SUMERGIDO  
Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C )-91**

Máxima Densidad Seca ( $gr/cm^3$ ) : 2.010  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 6.9

**b).- Compactación de moldes**

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca ( $gr/cm^3$ )	2.010	1.911	1.843
Contenido de Humedad	6.9	7.0	6.8

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración**

MOLDE N°	Penetración ( pulg )	Presión Aplicada (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.1	522	1000	52.2
II	0.1	357	1000	35.7
III	0.1	215	1000	21.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 52.2 %  
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 35.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

**Nota:** La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

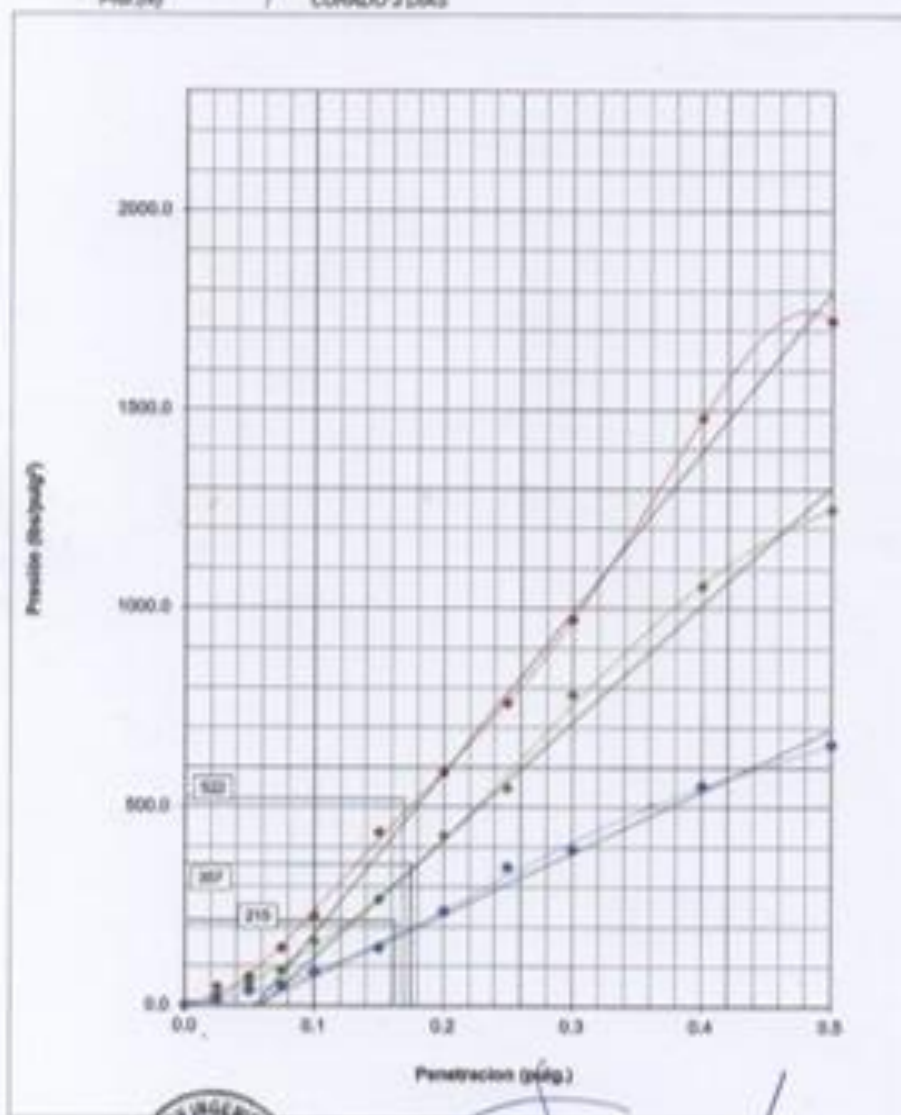
LSP (S24)  
calo/vrc  
O.S. N°046



  
ING° JORGE ISAURO CASTAÑEDA CENTURIÓN  
CIP 83285  
Lima, 26 de Setiembre del 2020

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 | C | - 01

Muestra / SUMERGIDO  
 Prof.(m) / CURADO 3 DIAS



LSP (824)  
 cal/vms  
 O.S. N°046



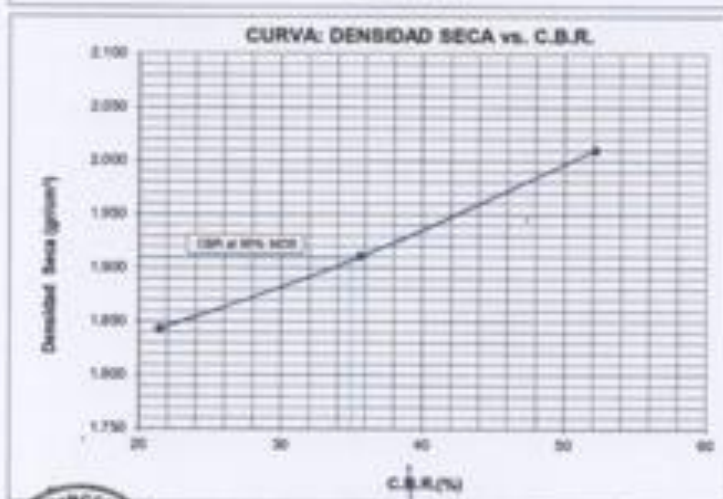
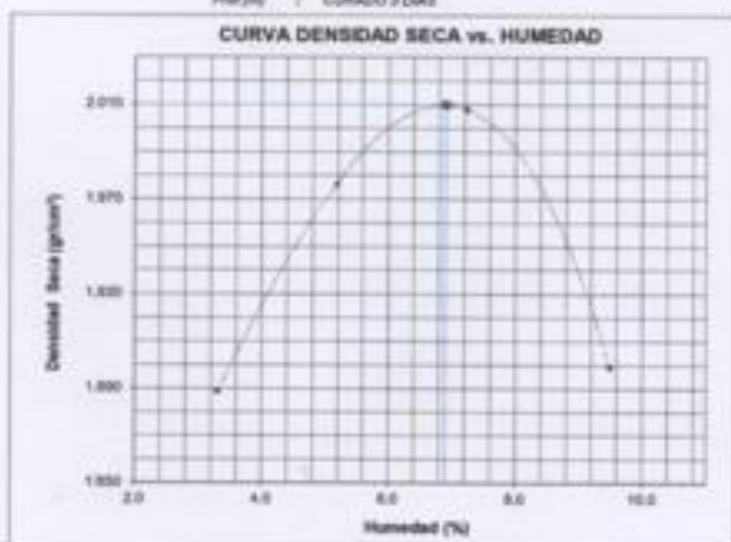
**ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURÓN**  
 CIP 83283

Lima, 28 de Setiembre del 2020

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 ( C ) - 91**

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	: 2.010
Óptimo Contenido de Humedad (%)	: 6.9
CBR al 100% de la MDS (%)	: 52.2
CBR al 95% de la MDS (%)	: 35.0

Muestra : SUMERGIDO  
Prep (s) : CURADO 3 DIAS



LSP/1024  
calculo  
O.S. M048



*[Signature]*  
ING. JORGE IBARC CASTAÑEDA CERTIFICADO  
CIP 63265  
Lima, 28 de Setiembre del 2000

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ( C.B.R. ) ASTM D1883-9 C**

Muestra : SUMERGIDO  
Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C )-91**

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.019  
Optimo Contenido de Humedad (%) : 7.0

**b).- Compactación de moldes**

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.019	1.915	1.845
Contenido de Humedad	7.0	7.0	6.9

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración**

MOLDE N°	Penetración ( pulg )	Presión Aplicada (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.1	595	1000	59.5
II	0.1	400	1000	40.0
III	0.1	225	1000	22.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 59.5 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 40.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

**Nota:** La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

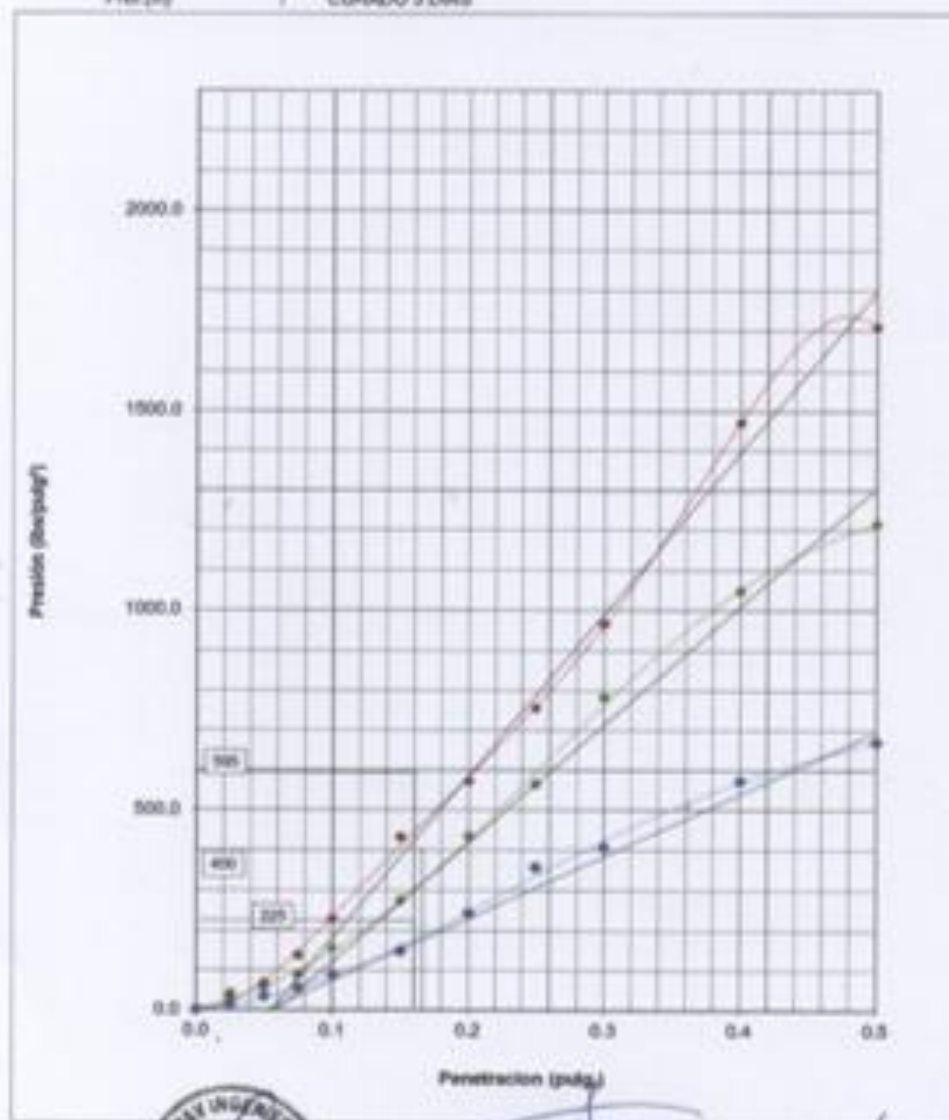
LSP (11/24)  
cafo/mc  
O.S. N°048



  
ING° JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURIÓN  
CP 83285  
Lima, 28 de Setiembre del 2020

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 ( C ) - 91

Muestra : SUMERGIDO  
 Prof. (m) : CURADO 3 DIAS



LSP(1204)  
 calfo/vrs  
 O.S. Nº048



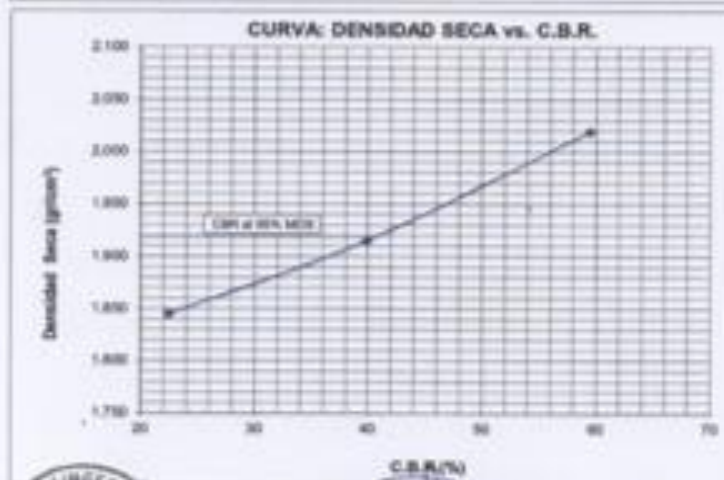
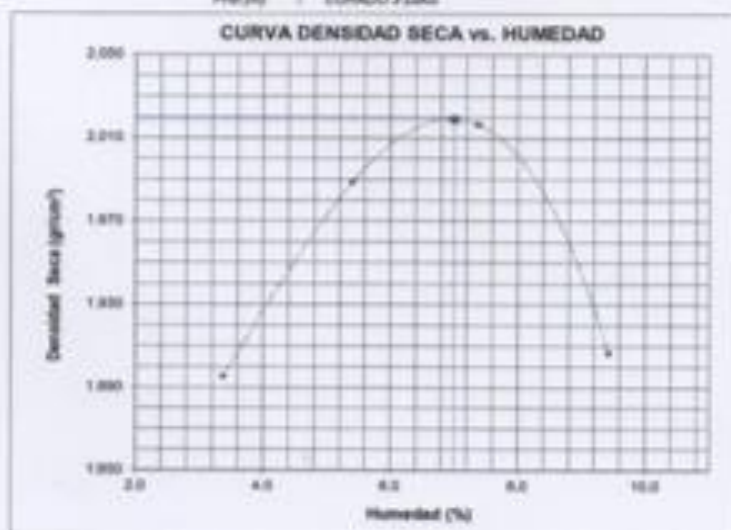
**ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURÓN**  
 CIP 83285

Lima, 28 de Setiembre del 2020

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1553 ( C ) - 91**

Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	: 2.019
Óptimo Contenido de Humedad (%)	: 7.0
CBR al 100% de la MDS (%)	: 98.5
CBR al 95% de la MDS (%)	: 80.0

Muestra : SUBERGO  
 Profund : CURADO 3 DMS



LSP/1304  
 caluroso  
 O.S. M046



*[Handwritten Signature]*  
**ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURION**  
 CIP 83285  
 Lima, 28 de Setiembre del 2020

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ( C.B.R. ) ASTM D1883-9 C**

Calicata : C-1 M-1 (0.00 - 1.50) NATURAL  
 Muestra : SUMERGIDO  
 Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C )-91**

Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.000  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 6.5

**b).- Compactación de moldes**

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	50	25	10
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.000	1.940	1.862
Contenido de Humedad	6.5	6.6	6.5

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración**

MOLDE N°	Penetración ( pulg )	Presión Aplicada (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.1	341	1000	34.1
II	0.1	230	1000	23.0
III	0.1	117	1000	11.7

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 34.1 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 17.0 %

**d).- Expansión(%) :** 0.00

**Nota:** La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.



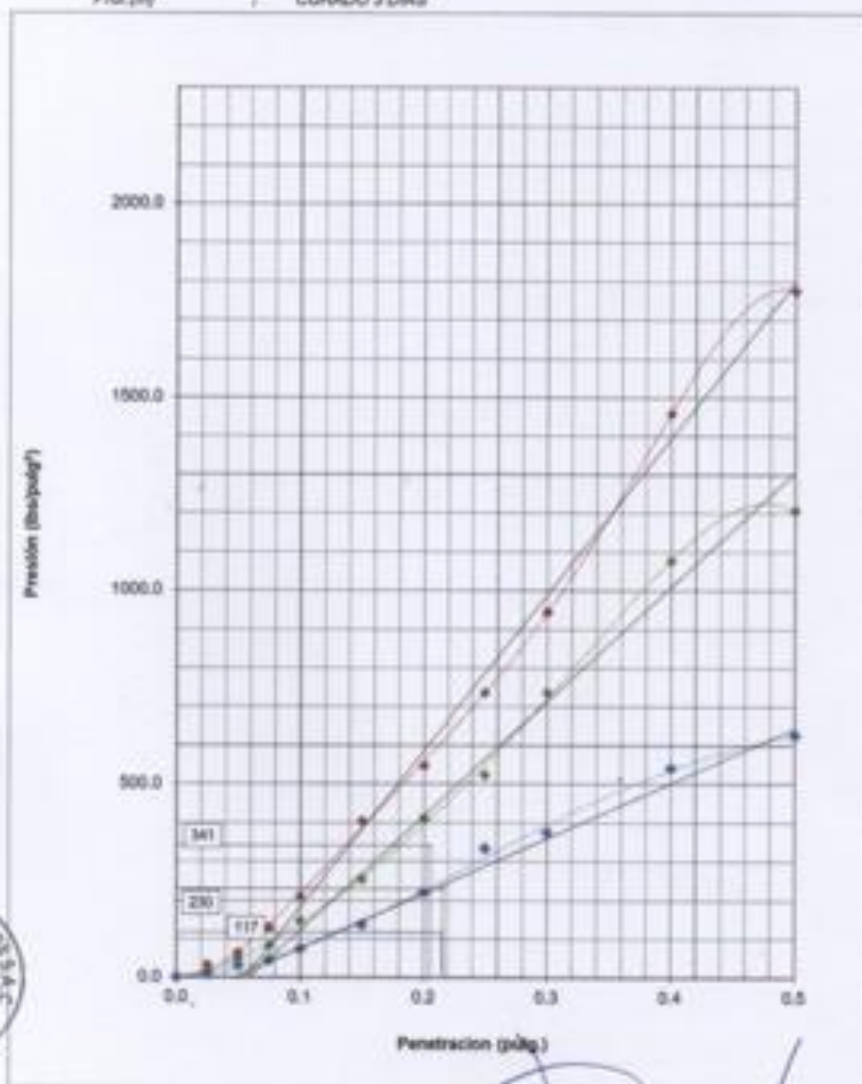
LSP (2/24)  
 cal/vrs  
 O.S. N°048

*(Handwritten signature)*  
**ING° JORGE WAJAO CASTAÑEDA CENTURÓN**  
 CP 61285



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883 ( C ) - 91

Calzeta : C-1 M-1 (0.00 - 1.50) NATURAL  
 Muestra : SUMERGIDO  
 Prof (m) : CURADO 3 DIAS



LSP (324)  
 cafo/vms  
 O.S. N°046

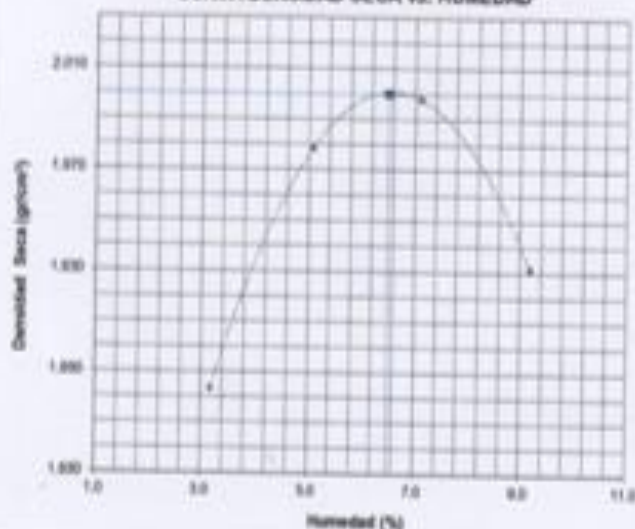
**ING. JORGE HNAO CASTAÑEDA CENTURÓN**  
 CIP 83285

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 ( C ) - 91**

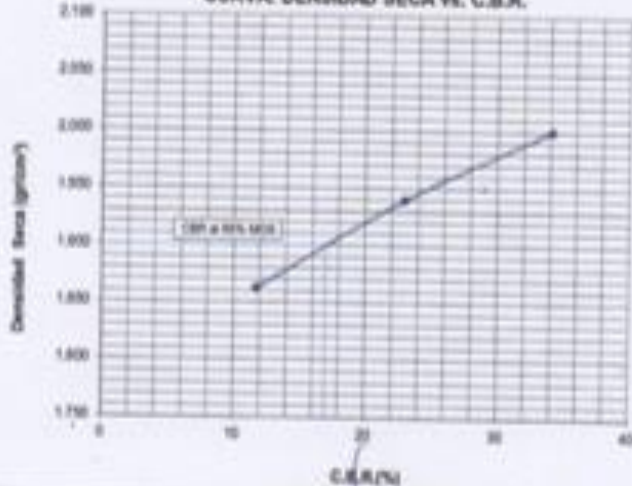
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.000
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.5
CBR al 100% de la MDS (%)	34.1
CBR al 95% de la MDS (%)	17.0

Celular : 011 847 4000 - 1.800 NATURAL  
 Muestra : SUMERIDO  
 Perfil : CURADO 3 DIAS

**CURVA DENSIDAD SECA vs. HUMEDAD**



**CURVA DENSIDAD SECA vs. C.B.R.**



LMP (426)  
 ref: 1016  
 O.S. Nº 048

*[Signature]*  
 ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA OSUNA  
 CP 83285

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ( C.B.R. ) ASTM D1883-B C**

Calicata : C-1 M-1 (0.00 - 1.50) + Aceite Sulfonado 0.04 lit/m<sup>3</sup>

Muestra : SUMERGIDO

Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C J-91

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.014

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 6.6

**b).- Compactación de moldes**

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	50	25	10
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.014	1.903	1.807
Contenido de Humedad	6.6	6.9	6.6

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración**

MOLDE N°	Penetración ( pulg )	Presión Aplicada (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.1	496	1000	49.6
II	0.1	292	1000	29.2
III	0.1	155	1000	15.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 49.6 %

C.B.R. Para el 80% de la M.D.S. : 31.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

**Note:** La muestra fue recibida e identificada por el siguiente:

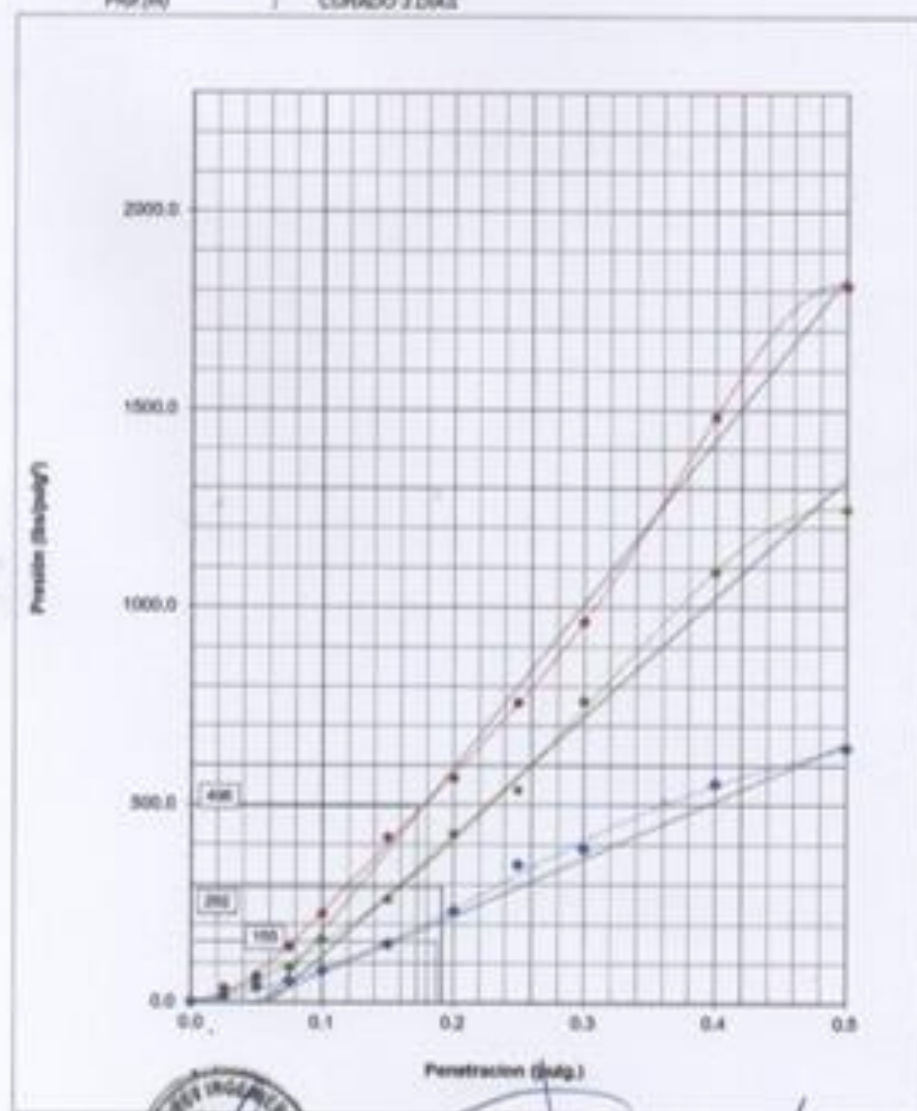
LSP (1424)  
cañon  
O.S. N°046



*[Handwritten Signature]*  
**DR. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURÓN**  
 CP 61286

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1583 ( C ) - 91**

Calicote : C-1 M-1 (3.00 - 1.50) + Arena Sufronado 0.04 8to3  
 Muestra : SUMERGIDO  
 Prof (m) : CURADO 3 DIAS



LSP (15/24)  
 cat/vno  
 O.S. Nº046

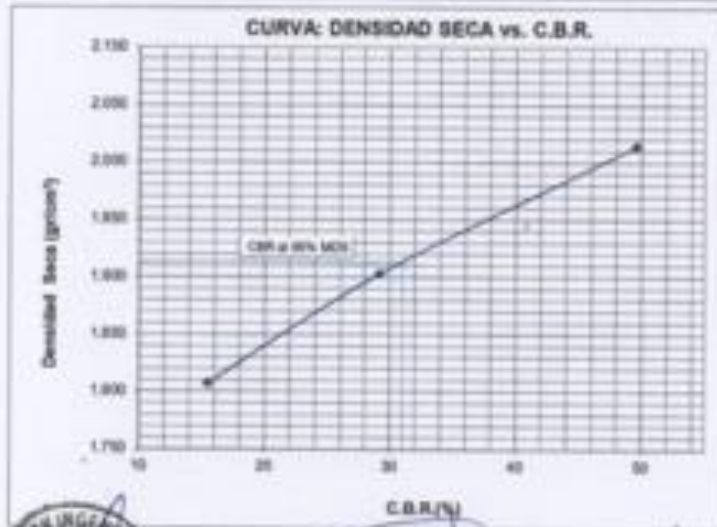
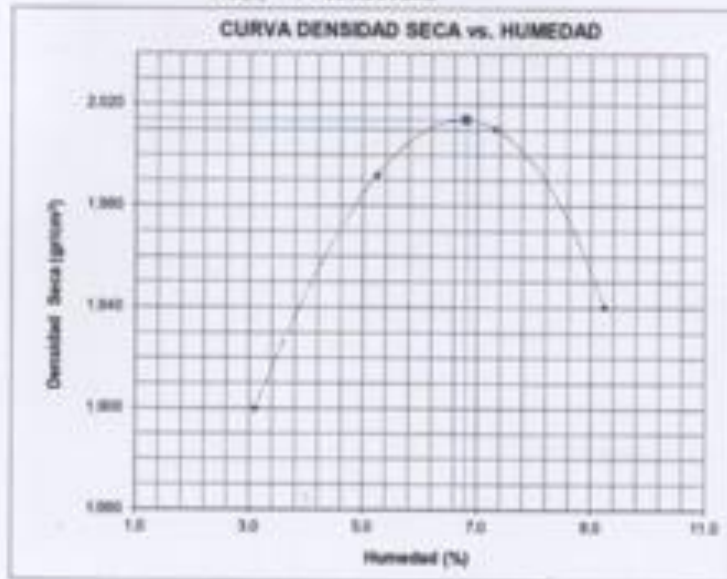


*[Signature]*  
**ING. JORGE RAAC CASTAÑEDA CENTURÓN**  
 CP 83265

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 ( C ) - 91**

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.014  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 6.8  
 CBR al 100% de la MDS (%) : 49.6  
 CBR al 95% de la MDS (%) : 31.0

Celula : C-1 M-1 (5.00 - 1.50) + Acero Sulfonado 0.04 8x2  
 Muestra : SUMERGIDO  
 Profund : CURADO 3 DIAS



LSP (1824)  
 catolico  
 O.S. 17048



*[Handwritten signature]*  
 ING. JORGE RAAG CASTAÑEDA CENTURÓN  
 CIP 82285

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**II. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ( C.B.R. ) ASTM D1883-9 C**

Calicata : C-1 M-1 (0.00 - 1.50) + Aeste Sulfonado 0.07 %m3  
 Muestra : SUMERGIDO  
 Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

**a)- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C )-01**

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.007  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.2

**b)- Compactación de moldes**

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.007	1.908	1.838
Contenido de Humedad	7.2	7.2	7.1

**c)- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración**

MOLDE N°	Penetración (pulg)	Presión Aplicada (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.1	559	1000	55.9
II	0.1	377	1000	37.7
III	0.1	222	1000	22.2

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 55.9 %

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 38.0 %

**d)- Expansión(%) :** 0.00

**Nota:** La muestra fue recibida e identificada por el solicitante.

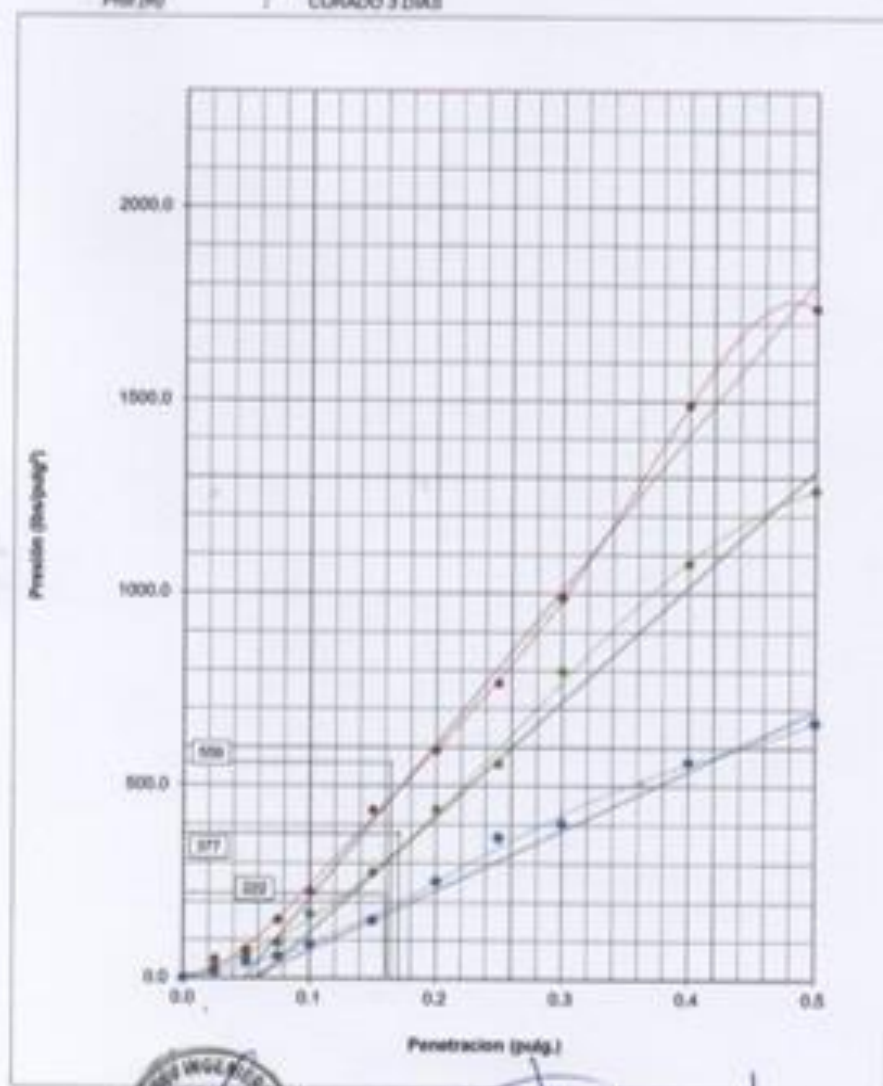
LSP (1704)  
 Teléfono:  
 O.S. Nº248



  
**ING. JORGE RAAD CASTAÑEDA CENTURIÓN**  
 CP 81285

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1583 ( C ) - 91

Calceste : C-1 M-1 (0.00 - 1.30) + Asfeto Suftinado 0.07 8%  
 Muestra : SUMERGIDO  
 Prof (m) : CURADO 3 DIAS



LSP(1624)  
 cafoVro  
 O.S. N°048



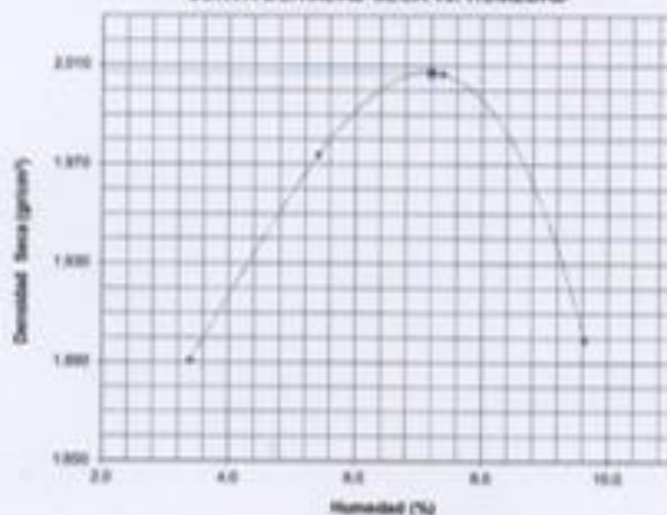
*[Signature]*  
 ING JORGE ISKAC CASTAÑEDA CENTURÓN  
 CIP 83285

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 ( C ) - 91**

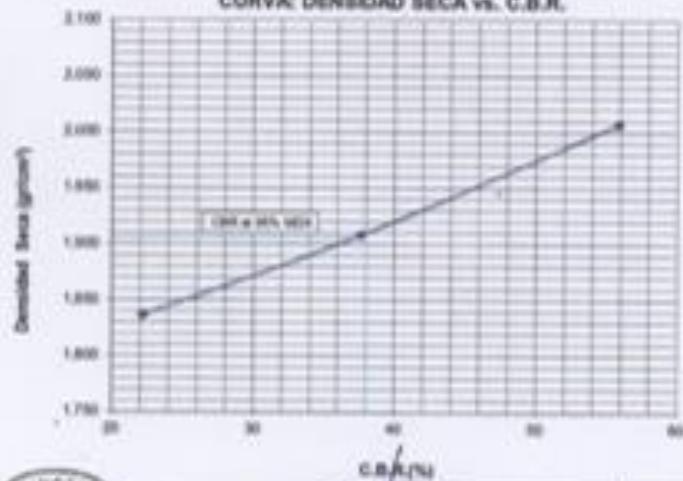
Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.007  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.2  
 CBR al 100% de la MDS (%) : 55.9  
 CBR al 95% de la MDS (%) : 38.9

Celula : 0-1 M 1 Ø 90 - 1.30 + Aste Sulfonado 0.27 Alce  
 Muestra : SUSECO  
 Prof (s) : CURADO 3 DIAS

**CURVA DENSIDAD SECA vs. HUMEDAD**



**CURVA: DENSIDAD SECA vs. C.B.R.**



LIP (1624)  
 sat/uno  
 O.S. 17046



*(Signature)*  
**ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURÓN**  
 CIP 83295



**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**E. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ( C.B.R. ) ASTM D1883-9 C**

Calicata : C-1 M-1 (0.00 - 1.50) + Aceite Sulfonado 0.09 l/m<sup>3</sup>  
 Muestra : SUMERGIDO  
 Prof. (mts) : CURADO 3 DIAS

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557 C )-81**

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.018  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.0

**b).- Compactación de moldes**

MOLDE N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.018	1.915	1.844
Contenido de Humedad	7.0	7.0	7.0

**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg de Penetración**

MOLDE N°	Penetración ( pulg )	Presión Aplicada (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.1	603	1000	60.3
II	0.1	400	1000	40.0
III	0.1	225	1000	22.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 60.3 %  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 42.0 %

d).- Expansión(%) : 0.00

**Nota:** La muestra fue remitida e identificada por el solicitante.

LSP (2024)  
 saf/mc  
 O.S. N°348

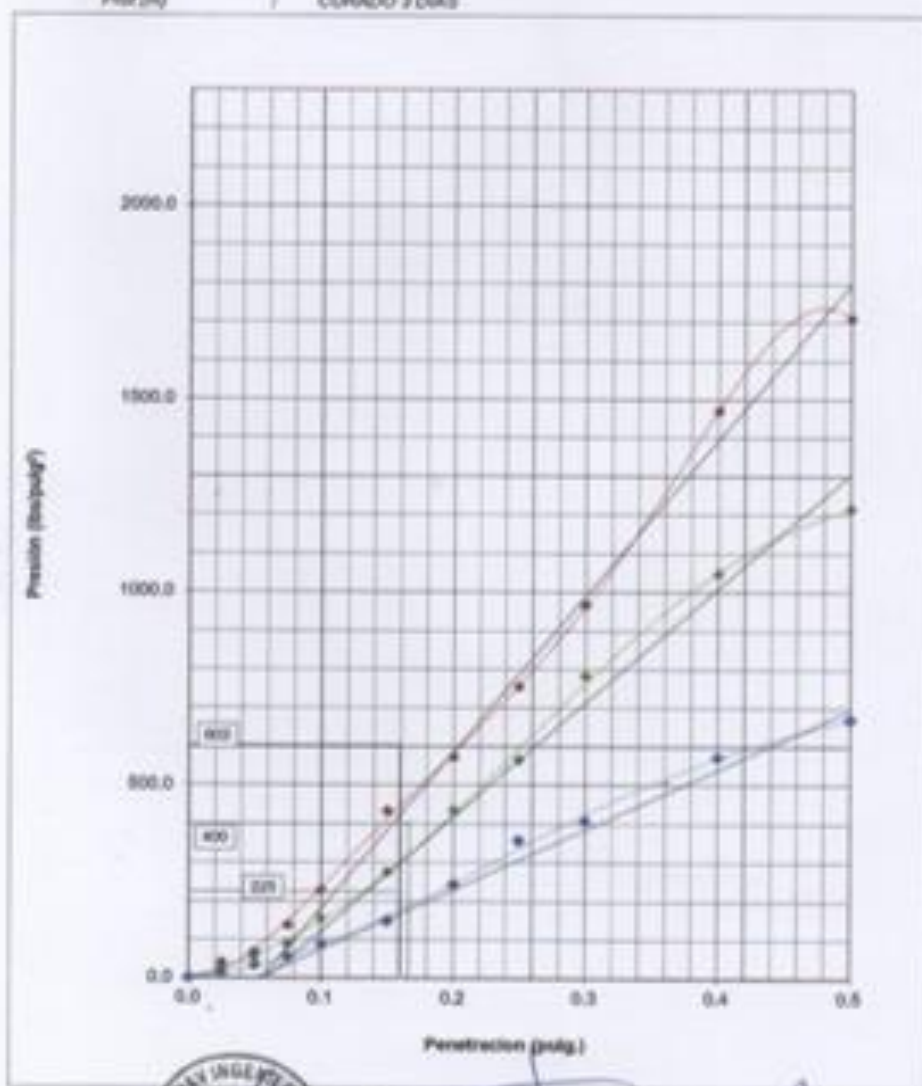


  
**ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURIÓN**  
 CIP 83285



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1583 ( C ) - 91

Caliente / C-1 M-1 (0.00 - 1.50) + Arena Suflonado 0.09 8m<sup>3</sup>  
Muestra / SUMERIDO  
Prof (m) / CURADO 3 DIAS



LSP(21/24)  
cafo/vrc  
O.S. N°048



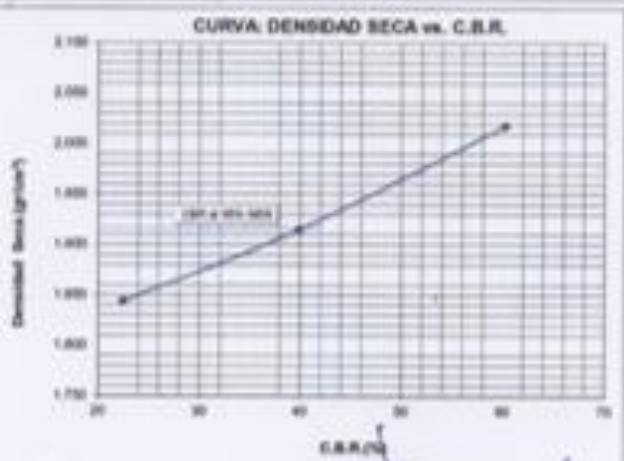
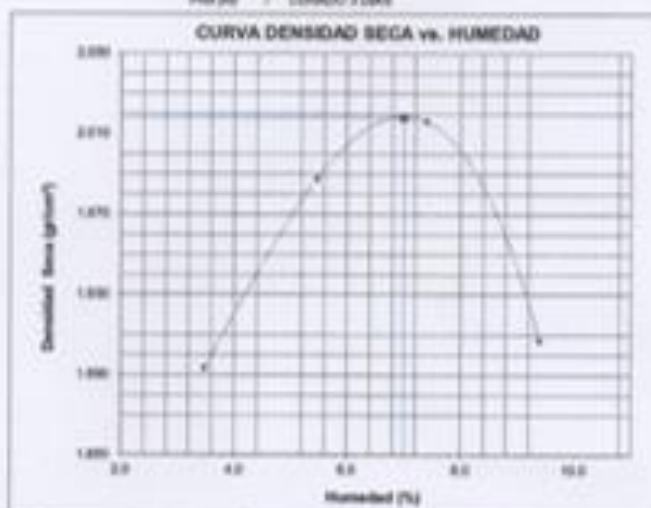
**ING. JORGE ISAAC CASTAÑEDA CENTURÓN**  
CIP 83285



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883 ( C ) - 91**

Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.018  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 7.0  
CBR al 100% de la MDS (%) : 66.3  
CBR al 95% de la MDS (%) : 42.9

Capote : 0.1 MPa 0.00 - 1.00 + Asfalto Sulfonado 0.08 mm  
Muestra : SUNDREO  
Perfil : DRAJO 3.0x4.0



LAP 0004  
04/06  
C.B. Nº 048

**C.B.R. (%)**  
  
WIP-JORGE RAJAC CASTAÑEDA CENTURÓN  
CIP 40390

MTC E 121

COMPRESIÓN NO CONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

2

N° DE TESTIGO	DENOMINACION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIAM (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Suelo Natural	16/09/20	19/09/20	3	10.3	83.3	105	1.26
2	Suelo + 0.02 N/m <sup>2</sup> *	16/09/20	19/09/20	3	10.2	81.7	145	1.77
3	Suelo + 0.03 N/m <sup>2</sup> *	16/09/20	19/09/20	3	10.2	81.7	185	2.26
4	Suelo + 0.04 N/m <sup>2</sup> *	16/09/20	19/09/20	3	10.1	80.1	208	2.60

Características de la Máquina para Ensayo a la Compresión

Marca : O&L LABORATORIO	Modelo : STVE-2000	Serie : N° 170201
-------------------------	--------------------	-------------------

Fecha de calibración: 2020.06.10 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 112 - 2020

**Observaciones:**

- \* Adhio Parmazyne.
- Fecha de orden de ensayo:
- Se reporta el diámetro en cm., área (cm<sup>2</sup>) y carga en kilogramos (kg) por adecuarse a las unidades de diseño.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



  
**ING. JORGET CASTAÑEDA CENTURION**  
 REG. OP 25379

MBV (2324)  
gen@mbv.com  
O.S. N°048

N° DE TESTIGO	DENOMINACION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIÁM. (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Suelo Natural	16/09/20	19/09/20	3	10.3	83.3	105	1.26
2	Suelo + 0.04 Itm <sup>3</sup> *	17/09/20	20/09/20	3	10.2	81.7	165	2.02
3	Suelo + 0.07 Itm <sup>3</sup> *	17/09/20	20/09/20	3	10.1	80.1	205	2.56
4	Suelo + 0.09 Itm <sup>3</sup> *	17/09/20	20/09/20	3	10.2	81.7	225	2.75

**Características de la Máquina para Ensayo a la Compresión**

Marca : G&L LABORATORIO	Modelo : STYE-2000	Serie : N° 170251
Fecha de calibración: 2020.06.10 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 112 - 2020		

**Observaciones**

- \* Aditivo Aceite Sulfonado.
- Fecha de orden de ensayo:
- Se reporta el diámetro en cm., área (cm<sup>2</sup>) y carga en kilogramos (kg) por adecuarse a las unidades de diseño.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



  
**ING. JORGE CASTAÑEDA CENTURION**  
 REG. CP 25379

M&V (2424)  
gam/chvza  
O.S. N°046

ANEXO 4: Fotos



























---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.127  
1998**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima-Perú

---

**SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido  
de humedad de un suelo**

Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

**1998-11-25  
1ª Edición**

R.0062-98/INDECOPI-CRT.Pública el 98-12-12

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.:93.020

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: Suelo, método de ensayo, contenido de humedad, humedad

---

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.129  
1999 (revisada el 2014)**

---

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos**

SOILS. Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

**2014-06-26  
1ª Edición**

R.0056-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-07-11

Precio basado en 26 páginas

I.C.S.: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: símbolos, unidades, terminologías, definiciones

© INDECOPI 2014

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.134  
1999**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI  
Calle De la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**SUELOS. Método para la clasificación de suelos con  
propósitos de ingeniería (sistema unificado de  
clasificación de suelos, SUCS)**

Soils. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System, SUCS)

**1999-04-29  
1ª Edición**

R.0024-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 99-05-14  
I.C.S.: 93.020  
Descriptor: clasificación SUCS

Precio basado en 28 páginas  
**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.135  
1999**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI  
Calle De la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima-Perú

## **SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte**

Soils. Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes

**1999-04-29  
1ª Edición**

---

R.0024-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 99-05-14

Precio basado en 15 páginas

I.C.S.: 93.020

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: clasificación AASHTO



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

# MANUAL DE CARRETERAS

## DISEÑO GEOMÉTRICO

### DG-2013

