



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en Suelos  
Cohesivos de la Avenida Punchauca – Carabayllo, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Amaro Delgado, Franko Klinsman ([ORCID: 0000-0002-0382-684X](https://orcid.org/0000-0002-0382-684X))

Jara Idme, Yuliana ([ORCID: 0000-0002-0883-3504](https://orcid.org/0000-0002-0883-3504))

**ASESOR:**

Mg. Medrano Sánchez, Emilio José ([ORCID: 0000-0003-0002-5876](https://orcid.org/0000-0003-0002-5876))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

### **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicada a Dios quien me ha dado fuerzas para continuar con las metas propuestas, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por haber puesto a personas que han sido nuestro soporte durante todo el periodo de estudio.

A nuestra familia, por creer en nosotros y brindarnos su apoyo incondicional que sin ello no hubiera podido lograr lo que tanto anhelábamos

### **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la universidad por los momentos y conocimientos brindados ante todo por hacer posible que mis metas se cumplan. Así mismo a mis docentes y amigos que estuvieron ahí aconsejándome, brindándome sus conocimientos.

## Índice de contenidos

DICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO:.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLA .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	15
3.1 Tipo y diseño de Investigación .....	16
3.2 Variable y Operacionalización .....	16
3.3 Población, muestra y muestreo.....	17
3.4 Técnica e instrumento de recolección de datos .....	18
3.5 Procedimientos.....	19
3.6 Método de análisis de datos.....	19
3.7 Aspectos éticos .....	20
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	42
VI. CONCLUSIONES .....	46
VII. RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS .....	51
ANEXOS .....	59

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1:</b> Ventajas y desventajas que se obtuvo de algunos estudios tras la combinación Suelo - Caucho:.....	8
<b>Tabla 2:</b> Fallas y posibles causas al usar suelos inestables. ....	11
<b>Tabla 3:</b> Índice de CBR obtenido, ya que el manual de Carreteras (MTC) requieren al menos el 6% de CBR para el uso como subrasante. ....	12
<b>Tabla 4:</b> Características de muestra patrón. ....	13
<b>Tabla 5:</b> Resumen del Análisis Granulométrico C-1 .....	24
<b>Tabla 6:</b> Resumen de Límites de Atterberg.....	25
<b>Tabla 7:</b> Clasificación SUCS y AASHTO .....	26
<b>Tabla 8:</b> Resumen de la clasificación SUCS y AASHTO .....	27
<b>Tabla 9:</b> Valores de Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad .	28
<b>Tabla 10:</b> Valores de Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad (3% de caucho granular) .....	28
<b>Tabla 11:</b> Valores de Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad (6% de caucho granular) .....	29
<b>Tabla 12:</b> Valores de Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad (9% de caucho granular) .....	30
<b>Tabla 13:</b> Valores de Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad (12% de caucho granular) .....	31
<b>Tabla 14:</b> CBR obtenido al 95% y 100% de la MDS.....	31
<b>Tabla 15:</b> CBR obtenido al 95% y 100% de la MDS.....	33
<b>Tabla 16:</b> CBR obtenido al 95% y 100% de la MDS.....	34
<b>Tabla 17:</b> CBR obtenido al 95% y 100% de la MDS.....	35
<b>Tabla 18:</b> CBR obtenido al 95% y 100% de la MDS.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Deformación del caucho natural y vulcanizado.....	9
<b>Figura 2:</b>	Composición química del caucho .....	9
<b>Figura 3:</b>	Proceso para la identificación del tipo de suelo .....	13
<b>Figura 4:</b>	Caucho Granular retenido en el tamiz N° 10 .....	22
<b>Figura 5:</b>	Caucho Granular retenido en el tamiz N° 10 .....	23
<b>Figura 6:</b>	Curva Granulométrica .....	25
<b>Figura 7:</b>	Diagrama del Limite Liquido (C-1) .....	26
<b>Figura 8:</b>	Diagrama del ensayo del Proctor Modificado (C-1) .....	28
<b>Figura 9:</b>	Diagrama del ensayo del Proctor Modificado (C-1) con 3% de Caucho Granular .....	29
<b>Figura 10:</b>	Diagrama del ensayo del Proctor Modificado (C-1) con 6% de Caucho Granular.....	29
<b>Figura 11:</b>	Diagrama del ensayo del Proctor Modificado (C-1) con 9% de Caucho Granular.....	30
<b>Figura 12:</b>	Diagrama del ensayo del Proctor Modificado (C-1) con 12% de Caucho Granular.....	31
<b>Figura 13:</b>	Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca .....	32
<b>Figura 14:</b>	Caucho Granular en 3% respecto al peso de la muestra .....	32
<b>Figura 15:</b>	Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca .....	33
<b>Figura 16:</b>	Caucho Granular en 6% respecto al peso de la muestra .....	34
<b>Figura 17:</b>	Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca Resistencia a la penetración (CBR) – Suelo Natural + caucho granular 9% .....	35
<b>Figura 18:</b>	Caucho Granular en 9% respecto al peso de la muestra .....	35
<b>Figura 19:</b>	Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca .....	36
<b>Figura 20:</b>	Caucho Granular en 12% respecto al peso de la muestra.....	36
<b>Figura 21:</b>	Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca .....	37

<b>Figura 22:</b> Curva de valores obtenidos (CBR) mediante la combinación Suelos - Caucho.....	38
<b>Figura 23:</b> Zona de estudio Av. Punchauca, Carabaylo .....	39
<b>Figura 24:</b> Pano de Ubicación de la zona de estudio con sus respectivos cortes de sección de la vía.....	40
<b>Figura 25:</b> Plano de cortes de sección de la vía. ....	41
<b>Figura 26:</b> Comparación de resultados de relación – caucho .....	44
<b>Figura 27:</b> Comparación de resultados de relación – caucho .....	45

## RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se planteó como objetivo principal determinar de qué manera la aplicación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la Subrasante, teniendo en cuenta que las muestras fueron extraídas de la avenida Punchauca-Carabayllo. El tipo de investigación que se determinó fue aplicado, ya que se pretende proporcionar una solución al problema planteado. El nivel de investigación es explicativo con un diseño de investigación cuasiexperimental.

Con respecto a los pozos exploratorios (calicatas), se estableció que fueron 3 calicatas en el tramo de la Av. Punchauca en el distrito de Carabayllo. Las muestras fueron llevadas al laboratorio para poder evaluar su afecto con la incorporación del caucho en diferentes dosificaciones (3%, 6%, 9% y 12%). Para esto se llevó a realizar 5 ensayos de CBR para poder determinar la resistencia a la penetración que pueda presentar el suelo natural y al aplicarle caucho granular para poder así adquirir una dosificación óptima que pueda alcanzar un CBR mayor.

Los resultados que se obtuvo de la calicata N° 1 se vio que tuvo una clasificación SUCS de arena arcillosa de baja plasticidad (SC), ya que se determinó que tuvo un incremento significativo en la resistencia a la penetración (CBR) al aplicarle caucho granulado de 3 %, 6%, 9%, teniendo como más óptimo al 6% de caucho ya que incrementó la resistencia del suelo de 4.3% a 14.9%. Concluyendo así que la aplicación de caucho granular mejoro la subrasante en el suelo cohesivo pasando de una categoría insuficiente ( $CBR \geq 3\%$  a  $\leq 6\%$ ) a una categoría de subrasante buena ( $CBR \geq 10\%$  a  $20 \leq \%$ ) según lo establece los parámetros de la MTC Suelos, Geología y Pavimentos-2014.

**Palabras Claves:** Caucho Granular, Subrasante, CBR.



## ABSTRACT

In the present research project, the main objective was to determine how the application of granular rubber in cohesive soils improves the Subgrade, taking into account that the samples were extracted from Punchauca-Carabayllo Avenue. The type of research that was determined was applied, since it is intended to provide a solution to the problem posed. The level of research is explanatory with a quasi-experimental research design.

With respect to the exploratory wells (calicatas), it was established that there were 3 calicatas in the section of Av. Punchauca in the district of Carabayllo. The samples were taken to the laboratory to be able to evaluate their affection with the incorporation of rubber in different dosages (3%, 6%, 9% and 12%). For this, it was carried out 5 CBR tests to determine the resistance to penetration that the natural soil may present and when applying granular rubber in order to acquire an optimal dosage that can reach a higher CBR.

The results obtained from calicata No. 1 were seen to have a SUCS classification of low plasticity (SC) claysand, since it was determined that it had a significant increase in penetration resistance (CBR) when applying granulated rubber of 3%, 6%, 9%, having as more optimal 6% of rubber as it increased the resistance of the soil from 4.3% to 14.9%. Thus, concluding that the application of granular rubber improved the subgrade in the cohesive soil from an insufficient category (CBR  $\geq 3\%$  to  $\leq 6\%$ ) to a category of good subgrade (CBR  $\geq 10\%$  to  $20 \leq \%$ ) as established by the parameters of the TCM Soils, Geology and Pavements-2014.

**Keywords:** Granular rubber, Subgrade, CBR

## I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación tiene como título Subrasante mejorada aplicando caucho granular en suelos cohesivos de la Avenida Punchauca – Carabaylo, 2021. Uno de los principales problemas de la infraestructura vial se debe a que no se realiza un estudio con diferentes estabilizadores para así poder mejorar la subrasante de los suelos cohesivos ya que se caracterizan por poseer gran cantidad de arcilla y esto conlleva a que los suelos se vean afectados negativamente, debido a la sensibilidad de cambios volumétricos al estar en contacto con el agua llegando a presentar problemas de deformación, agrietamientos u baja resistencia. Debido a que generalmente se ve en la necesidad de estabilizar los suelos en una gran parte de las obras con fines de pavimentación. Es por ello que se toma cierta medida para minimizar los riesgos o problemas que se puedan presentar durante y después de haber sido construido el pavimento. Existe muchas alternativas de estabilización de suelos, las más conocidas son la cal, cemento, escoria, cloruro de calcio, etc., estas se usan para mejorar el suelo cumpliendo con los parámetros admisibles dados por la norma MTC.

Por otra parte, es importante mencionar también que, en el Perú, la gran parte de los neumáticos inservibles son derivados al basurero o rellenos sanitarios provocando así un impacto ambiental negativo para el medio ambiente. Teniendo en cuenta que los neumáticos son considerados como residuos sólidos, el Ministerio del Ambiente (MINAM) señaló que anualmente en el país se genera un aproximado de siete millones de toneladas de residuos sólidos y que exclusivamente se llega a reciclar el 1.9%. Sin embargo, en el Perú la normatividad respecto a los residuos sólidos está dada por la (Ley N° 27314- Ley General de Residuos Sólidos, 2000), en el Art. N°5 de la presente ley se realiza una clasificación de los residuos sólidos, clasificándolos en residuos urbanos e industriales.

En esta investigación se está tomando un tramo en trocha de la Avenida Punchauca del distrito de Carabaylo donde se analizará la aplicación del caucho granular en la subrasante con las muestras arcillosa obtenida del suelo, lo cual se ira detallando en nuestro marco teórico al mismo tiempo basándonos en investigaciones de trabajos previos.

Mediante este contexto surge la siguiente pregunta ¿De qué manera influirá el caucho granular en la subrasante como resistencia a la penetración en suelos cohesivos, Avenida Punchauca - Carabayllo, ¿2021?

Es por ello que en el presente proyecto se argumenta que se necesita un cambio o una mejora en el suelo, ya que estos tipos de suelos normalmente presentan una gran cantidad de arcilla haciendo que tenga una baja capacidad portante, categorizada con un valor negativo de CBR del 6% (MTC). por eso se pretende agregar este material a la subrasante en suelos cohesivos usando como método de estabilización el caucho granular con la finalidad de poder mejorar sus características mecánicas mejorando la resistencia del suelo basándose en las propiedades del caucho.

En base a lo planteado se tiene como problema general lo siguiente: ¿De qué manera la aplicación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021?

De esta manera la justificación teórica del presente proyecto de investigación tiene como propósito aportar conocimiento relacionado a las características mecánicas de la subrasante empleando el caucho granular en suelos cohesivos. En los estudios realizados de antecedentes nacionales se ve escasa información y se busca socialmente proporcionar una alternativa más eficiente para la mejora de la resistencia en la subrasante. En cuanto a la justificación práctica se determinó que para efectuar la viabilidad empleando el caucho granular en la subrasante, debemos tener nuevas aplicaciones o métodos relacionados a la infraestructura vial y a su vez aportar con el reciclado de los neumáticos usados con el propósito de aportar al medioambiente. Por otra parte, se hace mención como justificación social a la necesidad de reducir la gran cantidad de neumáticos en desuso, ya que se ve una mala gestión en el proceso de reciclado, de esta manera estamos aportando con esta investigación a contribuir con el medio ambiente.

En consecuencia, al planteamiento del problema general se deduce la siguiente hipótesis general: La aplicación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021.

Por lo cual como hipótesis específicas tenemos: La dosificación del caucho granular en suelos cohesivos influye en el Proctor modificado de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021, La dosificación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la resistencia de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021, El tamaño del caucho granular en suelos cohesivos influye en el Proctor modificado de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021, El tamaño del caucho granular en suelos cohesivos mejora la resistencia de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021.

Con el propósito de cerciorar la hipótesis general se menciona el siguiente objetivo general: Determinar de qué manera la aplicación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021. Por lo cual para comprobar las respectivas hipótesis específicas se determina los siguientes objetivos específicos: Determinar como la dosificación del caucho granular en suelos cohesivos influye en el Proctor modificado de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021, Determinar como la dosificación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la resistencia de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021, Determinar como el tamaño del caucho granular en suelos cohesivos influye en el índice de plasticidad de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021, Determinar como el tamaño del caucho granular en suelos cohesivos mejora la resistencia de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021. Sin embargo, para seguir requerimientos de la línea de investigación se realizó un Diseño de plano de cortes y señalización de la zona de estudio en la avenida Punchauca Carabayllo donde aprecia un diseño de plano la zona de ubicación donde se indica los puntos de los pozos exploratorios (calicatas) que se realizó al terreno y sobre todo los detalles de corte de una propuesta de una vía de circulación indicando elementos que se debe utilizar en obra de todo tipo en su totalidad o parcialmente, ya sea un camino, autopista o vía urbana.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Según Gutiérrez (2019), quien realizó un estudio en India agregó caucho triturado a un suelo de arcilla inorgánica de arena débil de mediana plasticidad utilizada en proporciones de 0%, 3%, 5% y 7.5% en el formato de tamizado tamaño de 2.36 mm, lo que generó una leve disminución en la resistencia a la penetración (CBR) cuando se incrementó la proporción de caucho triturado fue sólo del 7,5%, lo que indica una mejora demostrable en el aumento de la proporción de caucho añadido, como en el estudio anterior (pág. 4)

Para Cusquisibán (2016), quien realizó un estudio en Cajamarca encontró que agregar 60% de material reciclado dio buenos resultados con una calificación CBR de 41%. Esto se debe a la incorporación de caucho granulado reciclado en la construcción de pavimentos para la mejorar el suelo de arcilla. A diferencia del suelo arcilloso que suelen tener un CBR de 7,10%, el caucho granular es un buen material para la subrasante. Cabe señalar que, aunque se han demostrado mejoras para CBR, el tamaño del caucho no se ha ajustado explícitamente y los autores señalan que el equipo utilizado es probable que haya estado calibrado. Por ello se recomienda realizar nuevos estudios enfocados en la obtención de nuevos datos de casos similares (pág. 38).

Según Peláez, Velásquez y Giraldo (2017), En cuanto a sus propiedades mecánicas e físicas del caucho, dado que la extracción del caucho natural se realiza a través de la madera del árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*), este material se combina con diferentes materiales y químicos utilizados para fabricar neumáticos. El principal proceso aplicado al caucho es la vulcanización. Esto da como resultado un material más duro y más resistente al calor, incluida la exposición a altas temperaturas en presencia de azufre. Es por ello que se vuelve térmicamente irreversible y la forma de reciclaje más económica es a través de la trituración (pág. 22).

En suelos arenosos que son muy permeables, el drenaje causado por el aumento debido a la presión del agua en algunos poros y es prácticamente inmediato. El drenaje se acompaña en una pérdida del volumen de la masa del suelo, lo que conduce a un asentamiento. Debido al rápido drenaje del agua en suelos arenosos, el asentamiento y la consolidación son al mismo tiempo; Sin embargo, este no es el caso de los suelos cohesivos como la arcilla, que tiene una baja conductividad

hidráulica en estos casos, el alcance de la consolidación depende del tiempo. En el proceso de consolidación, un suelo cohesivo generalmente está en el sitio, normalmente consolidado. Normalmente es consolidada cuando no fue usada en su pasado geológica, que aquellos que están ahora en el terreno. Por otra parte, si el suelo en el pasado estuvo lleno de extractos de muestras de suelo fueron después de haberse erosionado. En general los asentamientos de suelos causados por cargas pueden ser dividido en tres categorías:

1) El hundimiento momentáneo se debe a la deformación elástica de suelos saturados, secos y húmedos, pero el contenido de humedad permanece sin cambios. El cálculo del asentamiento instantáneo se basa en la teoría de la elasticidad.

2) La sedimentación debida a la consolidación primaria se debe al cambio de volumen del suelo saturado cohesivo a medida que la descarga llena el espacio.

3) Los sedimentos de consolidación secundaria se observan en suelos cohesivos saturados y son el resultado de cambios plásticos o ajustes en el suelo, que ocurren después de la consolidación primaria bajo un esfuerzo efectivo. Es un resultado permanente.

Las principales características de los neumáticos (enteros, triturados o granulados) con SIGNUS (Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados) son: la absorción de impacto; esto ha sido probado en varias pruebas y ha mejorado significativamente la resistencia al desgaste por abrasión, impermeabilidad; después de combinar una mezcla bituminosa y caucho, que se ha demostrado en estudios que endurece la carpeta asfáltica y reduce el daño causado por la infiltración de agua. Absorbe el sonido y la vibración Utilizado para la carpeta asfáltica, ya que reduce la vibración y el ruido generado por vehículos y camiones que circulan por la carretera.



**Tabla 1:** En la siguiente tabla se aprecia las ventajas y desventajas que se obtuvo en algunos estudios tras la combinación Suelo - Caucho:

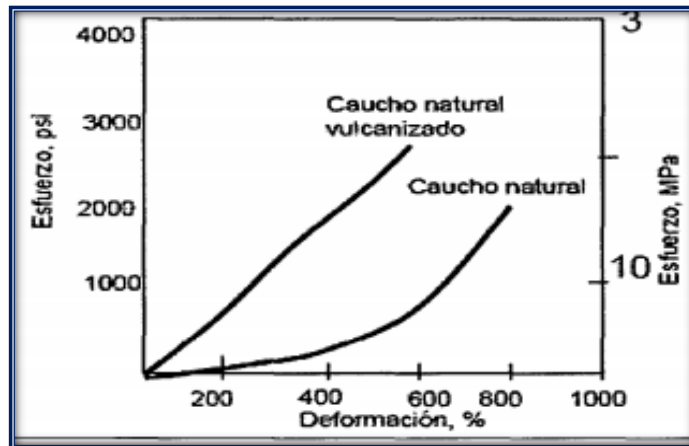
APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	Suelo arcilloso-altamente compresible	Mohammed, 2018 - Iraq	Mayor resistencia a la penetración	
<b>Suelo - Caucho</b>	Caucho-arena	Kyser y Ravichandran, 2016 – Estados Unidos	Disminución del material en botaderos y una mejora en base al reciclar para contribuir al medio ambiente	Porcentajes limitados en rango de 1 a 18%
	Arena arcillosa Grava y ceniza voladora	Vijayasimhan 2018 – India Prasad y Prasada, 2009 – India	Iniciativa a nuevas aplicaciones o método usando este material, más económico	

**Fuente:** *Elaboración propia, información recolectada de estudios previos*

Según Téjela (2018), La tabla anterior muestra cómo el caucho reciclado puede ser un estabilizador y se puede aplicar a los suelos naturales y convertirse así en un estabilizador del suelo debido a sus propiedades mecánicas. Uno de ellos es la resistencia a la penetración que tiene un efecto positivo cuando se aplica a suelos naturales. De acuerdo con los estudios anteriores, se basa principalmente en que el material altera las propiedades mecánicas del suelo, con otros estabilizantes y / o aditivos para cumplir con los parámetros requeridos para su uso como subrasante. Así como también en mezclas bituminosas (pág. 86).

En la vulcanización y composición del caucho, el caucho natural es el último paso por lo que se somete a la exposición a altas temperaturas en presencia de azufre, lo que lo convierte en un material más fuerte, resistente a la deformación e impermeable. Después de pasar por el proceso de vulcanización, el caucho cambia de un material termoplástico a un material elástico. Por lo tanto, la variación del caucho natural es muy diferente.

**Figura 1:** Deformación del caucho natural y vulcanizado



**Fuente:** *Materiales y compuestos para la industria del neumático, 2018.*

Para Castro (2018), También se añaden otros materiales, como suavizantes, para mejorar el índice de trabajabilidad del material caucho antes de su proceso de vulcanización. El Zinc y el óxido ayudara en reducir el tiempo de vulcanización de pasar a horas a minutos generando así una vida útil mejor del caucho sin causar la degradación por la influencia del ozono y el oxígeno, prolongando la vida del caucho; esto se debe a la combustión incompleta del gas natural que es más resistente a la abrasión y la tensión (pág. 58).

La figura N ° 2 muestra que la composición química puede variar según la aplicación del caucho.

**Figura 2:** Composición química del caucho

<u>ELEMENTOS</u>	<u>%</u>
Carbono	70 - 83
Hidrogeno	5 - 7.5
Azufre	1.2 - 7.5
Color	0.1 - 0.8
Nitrógeno	1.5
Oxigeno	5
Zinc	1.2 - 2.7
Hierro	5 - 18
Otros	5

**Fuente:** *Problemática del neumático fuera de uso, reciclado y posterior aplicación industrial y comercial, 2018.*

Para Abhinav (2015), El tipo de caucho y su aplicación en el mejoramiento de suelos, en diferentes estudios han aplicado diferentes tipos de caucho: polvo, triturado, granulado, bandas y ovalado. Se ha aplicado en pruebas experimentales para medir y comparar la resistencia a la permeabilidad (CBR) del suelo natural y el suelo combinado con caucho recuperado o reciclado. Por tanto, es necesario recoger la cantidad del tamaño, forma, etc., del caucho para determinar el rango óptimo. Como se mencionó anteriormente, se han presentado algunos de estos estudios. Un estudio en la India agregó caucho triturado a un suelo de arcilla de muy alta compresibilidad y usó 0%, 6%, 8%, 10%, 12% y 14% del material retenido en el tamiz número 40. Teniendo como resultado un aumento ligero de la resistencia a la Penetración (CBR) de 10 % (pág. 94).

Según Gutiérrez (2019), Los Suelos cohesivos, para tener una idea clara de lo que es el suelo cohesivo, establezca lo siguiente: La cohesión es una propiedad física del suelo que está formada por enlaces entre partículas, por lo que cuanto mayor es el tamaño, menor es la cohesión del suelo. Ya que el área libre es grande y fácil de ver, por lo que el suelo está condensado. Los suelos arcillosos se consideran cohesivos porque tienen un tamaño de partícula inferior a 0,002 mm y, por tanto, ofrecen propiedades cohesivas, es decir, cohesión intergranular. En general, estos suelos tienden a tener relaciones de compresión elevadas. Esto significa que bajo ciertas cargas el volumen se reduce y cuanto mayor sea la cantidad de partículas, mayor es la compresibilidad (pág. 13).

La importancia de la estabilización de suelos cohesivos, la sub rasante se compone por suelos clasificados y / o propiedades permitidas seleccionadas para mantener estables las carreteras pavimentadas y así no serán afectadas por la carga del tráfico (MTC, 2018). Se seleccionan suelos que se investigan en función de sus propiedades físicas y mecánicas, pero se pueden seleccionar o estabilizar otros tipos de suelos que no cumplan con los requisitos mínimos, como los suelos cohesivos. La segunda opción es más conveniente. Porque estabilizar el suelo existente será menos costoso que obtener suelo nuevo de la cantera.

**Tabla 2:** De construir un pavimento con un suelo inestable o características inadecuadas se pueden presentar las siguientes fallas y posibles causas.

FALLAS AL USAR SUELOS INESTABLES EN LA SUBRASANTE		
FALLA ESTRUCTURAL	DESCRIPCIÓN	POSIBLES FALLAS
AHUELLAMIENTO	Depresión longitudinal a lo largo del pavimento cuando el radio de influencia de la zona a huellada es pequeño (Prof. <13 mm), las deformaciones ocurren en las capas superiores y suelen ser acompañadas de un deslizamiento o levantamiento lateral.	Insuficiente estabilidad de las capas del pavimento o de la subrasante (falla por corte, compresión o deslizamiento lateral del material) ya sea por ingreso de agua o deficiente calidad. Exagerado incremento en las cargas de tránsito.
HUNDIMIENTO	Depresión o descenso de la superficie del pavimento, puede verse en los bordes o centros de la calzada. En otros casos las depresiones son difíciles de detectar normalmente se aprecia por la acumulación del agua de lluvia.	Deficientes prácticas de construcción (nivelación o compactación), pérdida de estabilidad por incremento de humedad en las capas del pavimento o fundación.
HINCHAMIENTO	Abultamiento p ascenso vertical de la superficie del pavimento, pueden ocurrir de forma abrupta o así también como de forma gradual de más de 3 m de longitud distorsionando el perfil de la vía y así pudiendo ir acompañado de agrietamientos.	Cambios volumétricos en fundaciones arcillosas altamente expansivas, deficiente tratamiento de suelos arcillosos potencialmente expansivos durante la construcción o compactación.

**Fuente:** (adaptado del ministerio de obras públicas y comunicaciones).

Para Mohedas (2014), Las características físicas y propiedades mecánicas de una subrasante vas determinar el suelo para la construcción del pavimento, es necesario determinar los siguientes criterios en el laboratorio y hacer una calicata con una profundidad de al menos 1.5 m: Esto indica la cantidad de humedad (agua) que tiene el suelo antes de que se seque. Su propósito es determinar el porcentaje en peso de partículas de varios tamaños contenidas en el suelo. Cuya finalidad es realizar la graduación optima del suelo para proceder con la compactación, ya que las partículas pequeñas rellenan los vacíos de las más grandes para mejorar la estabilidad y capacidad de carga (pág. 8).

El límite de Atterberg es un ensay que determina el comportamiento de suelos finos en presencia de humedad. Esto solo ocurre en suelos finos, que tienen un tamaño de partícula pequeño y suelen ser suelos arcillosos. Debido a su gran tamaño, tienden a tener un alto índice de plasticidad, resisten la deformación sin agrietarse debido a la tensión de impacto y retienen la deformación al retirarse la carga.

Según Araujo (2014), La relación de soporte (CBR) es uno de los requisitos para los estudios geotécnicos previos al diseño y la construcción de carreteras y es un parámetro del suelo que cuantifica la capacidad de impermeabilización o penetración. Aunque existen parámetros más representativos para cuantificar la resistencia del suelo, esta prueba continúa utilizándose debido a su simplicidad de implementación. Los parámetros que afectan más directamente al CBR son el contenido de grava y la densidad seca máxima. Cuantos mayores sean estos activos o valores, mayor será el CBR (pág. 29).

Según MTC (2018), También es importante mencionar que en el capítulo IX del manual en el punto 9.1 (criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos), se menciona que se va considerar al material que cumpla las características para las capas de la subrasante en suelos con un CBR  $\geq 6\%$ . Caso contrario si es un suelo pobre se tendrá que estabilizarla o ser remplazado por uno mejor.

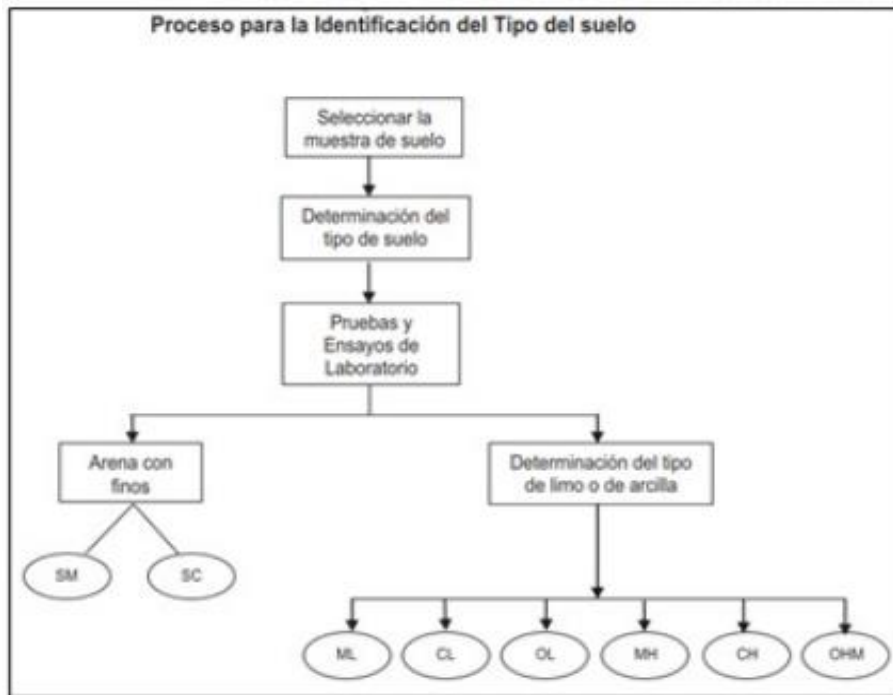
**Tabla 3:** contiene una variedad de suelos clasificados (subrasante) de acuerdo con el índice CBR obtenido, ya que el manual de Carreteras (MTC) requieren al menos el 6% de CBR para el uso como subrasante.

<u>CATEGORÍA DE SUBRASANTE</u>	<u>CBR</u>
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Insuficiente	CBR $\geq 3\%$ a $\leq 6\%$
S2: Subrasante Regular	CBR $\geq 6\%$ a $\leq 10\%$
S3: Subrasante Buena	CBR $\geq 10\%$ a $\leq 20\%$
S4: Subrasante Muy buena	CBR $\geq 20\%$ a $\leq 30\%$
S5: Subrasante Excelente	CBR $\geq 30\%$

**Fuente:** Manual de carretera “Suelos Geología y Pavimento” MTC, 2014.

De igual manera se indica que para determinar el tipo de estabilizador de un suelo es imprescindible saber el tipo de suelo que existe y normalmente se puede decir que los suelos que están dentro de estas características o ámbitos son los siguientes: suelos limos, arcillas o también las arenas arcillosas o limosas (pág. 107-108).

**Figura 3:** Proceso para la identificación del tipo de suelo



**Fuente:** Manual “Suelos Geología y Pavimento” MTC, 2014.

Según el Manual de Ensayo de Materiales (2016), MTC E 132 en el punto 7.1.6 indica que el valor de relación de soporte viene hacer el (índice de CBR). Se determina valor de relación, a la presión que ejerce el pistón sobre la muestra o suelo para cierta penetración, a continuación, se aprecia una tabla de las características de una muestra patrón.

**Tabla 4:** Características de muestra patrón.

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
2.54	0.1	6.9	70.31	1000
5.08	0.2	10.35	105.46	1500

**Fuente:** Manual de Ensayos de Materiales, 2016.

**Para calcular el índice CBR se procede a lo siguiente:**

a) Se realiza una curva de relación de cargas en el eje (Y), as penetraciones en el eje (X) donde se apreciará si la curva presenta un punto de inflexión, si no se llegara a presentar dicha inflexión se tomará valores a (1 pulgada y 2 pulgas de penetración). Caso contrario si la curva no es constante se realizará una tangente en dicho punto de la curva cortando el eje (X) dándole un valor de corrección de un nuevo origen para poder tomar los valores corregidos de una pulgada y dos pulgadas (pág. 255).

b) Una vez se tenga la curva corregida se tomará la data del valor de esfuerzo y penetración de 1" y 2" dividiendo las cargas corregidas por las cargas que se tiene como referencia de (1000 lb / plg<sup>2</sup>) y (1500 l /plg<sup>2</sup>) multiplicadlo por cien, el valor que se tomara en cuenta como reporte será la de 2.54 mm (0.1") de penetración (pág. 255).

### **III. METODOLOGÍA**



### **3.1 Tipo y diseño de Investigación**

Según Hernández, et al (2018), El diseño cuasiexperimental tiene un grado de control mínimo por el cual se tiene un grupo de control y un grupo de estímulo, caracterizado principalmente por no tener un grupo aleatorio o al azar (pág. 184). Teniendo en cuenta lo mencionado la siguiente investigación es de diseño cuasiexperimental, por lo que se cuenta con un grupo de control mínimo con una muestra sin alterar y otros alterados para así poder observar el efecto al emplear caucho granular en el suelo cohesivo.

La investigación será de tipo aplicada ya que se pretende proporcionar una solución al problema planteado aplicando conocimientos, y normas establecidas. Con un enfoque cuantitativo porque se va determinar mediante datos numéricos con el fin de establecer los resultados.

Según Hernández, et al (2018), Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos, es decir están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales (pág. 184). La investigación tiene un alcance explicativo ya que describimos la problemática ya que se pretende determinar las causas de los resultados obtenidos.

### **3.2 Variable y Operacionalización**

Según Rivas (2016), La variable determina unos factores decisivos en la explicación de las variables las cuales presentan diferencias según su tamaño, por lo tanto, están enlazadas a unidades puntuales: dinero, tiempo, combustible, etc. En caso de un variable puede tener diversas categorías o valores numéricos (pág. 3).

**Variable Independiente:** Caucho Granular

**Variable Dependiente:** Subrasante

## **Definición Conceptual**

Según Mohammed (2018), El caucho granular es obtenido mediante la trituración mecánica y que puede ser utilizado para contribuir con problemas del medio ambiente en base a su reciclado. Puede ser utilizado por sus características en suelos de baja resistencia a la penetración.

Según MTC (2018), La sub rasante es la superficie terminada a nivel de corte y relleno por el cual se coloca la estructura de un pavimento o afirmado. Se compone por suelos clasificados y / o propiedades permitidas seleccionadas para mantener estables las carreteras pavimentadas y así no serán afectadas por la carga del tráfico.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

Según Borja (2012), La población o universo es un conjunto de elementos que será motivo de estudio para la investigación donde se realiza el uso de la estadística cuando se desea analizar una fracción de la población (pág. 3).

**Población:** teniendo en cuenta lo mencionado se considera como población los 3 km de la AV. Punchauca en el distrito de Carabayllo.

Según Borja (2012), El tamaño de la muestra muchas veces se limita por el costo que involucra, o por el tiempo disponible para la investigación, según las características de la población (pág. 31).

**Muestra:** Por lo tanto, para esta investigación la muestra a evaluar 1.5 Km en las progresivas de km 00+500 – km 01+000 y km 01+500.

**Muestreo:** Para efecto del proyecto se tomará el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia o intencional, teniendo en cuenta una cantidad mínima necesaria para poder determinar los ensayos del proyecto de tesis según los investigadores.

### 3.4 Técnica e instrumento de recolección de datos

Según Hernández et al (2018), las técnicas están compuesto por un conjunto de instrumentos en los que se introduce el método, incluye procedimientos y actividades que permiten al indagador tomar toda la información necesaria y así responder a su pregunta (pág. 52).

Para determinar los resultados del diseño de la subrasante empleando caucho granular reciclado de una manera óptima, se verificaras que los instrumentos del laboratorio cuenten con una calibración certificada. Se utilizará la técnica de la observación para luego analizar y así poder comprobar las variaciones que se puedan dar durante o después de la realizar los ensayos correspondientes.

Según Hernández et al (2018), señala que un instrumento es aquel que registra información que representa asertivamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente (pág. 199).

Los instrumentos que ayuda en recolectar información se medirán mediante fichas técnicas para llevar un registro del resultado que se puedan obtener en cada ensayo, se usará programa como Microsoft Excel, Word y así tener un manejo adecuado de los datos, también se tomará fotografía que dará veracidad de neutra participación en el estudio y servirá como medida para el resguardo de los datos registrados.

Según Hernández et al (2018), indica que “La confiabilidad es la escala que hace referencia a la medición del instrumento. Sin embargo, se podría decir también que es una escala de error ya que se puede aplicarse en diferentes ocasiones o en diferentes condiciones.” Al grado de que la validez en un término general se basa en el grado en que un instrumento realmente mide la variable que se pretende medir (pág. 346).

Para determinar la viabilidad y confiabilidad de la investigación se realizara los ensayos bajo unos parámetros del ASTM con el fin de brindar la calidad de estos en el laboratorio, por lo cual se menciona los siguientes : ASTM-D 4318 “Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils”, ASTM-D 422 “Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.”, ASTM-D 1557 “Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using

Modified Effort”, ASTM-D 1883 “ Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils”.

### **3.5 Procedimientos**

Para este presente proyecto de tesis se tiene planteado como objetivo general Determinar de qué manera la aplicación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021.

Por ello se menciona ciertas etapas para la obtención de la muestra de suelo y el caucho granular, para posteriormente llevarlo al laboratorio y hacer los respectivos ensayos correspondiente en base a la norma ASTM Y MTC.

Primero se obtendrá el material de estudio en base a esto se realiza los ensayos de granulometría donde se verifica el tamaño de tamiz, la balanza adecuada 0.1 g, el horno a secado, bandejas y brochas. Luego ya determinado la clasificación del suelo por tamaño de tamiz se realiza mediante el ensayo de límites de consistencia (límite líquido, plástico y el índice de plasticidad).

Por otra parte, se obtiene el caucho granular de los neumáticos reciclados para posteriormente determinar ciertas dosificaciones que se le ira agregando a los ensayos en porcentajes de suelo más 3% de caucho granulado, suelo más un 6% de caucho granulado, suelo más un 9% de caucho granulado y suelo más 12% de caucho granulado para así determinar si cumple con la resistencia a la penetración que nos establece la norma con un CBR mayor o igual al 6 %.

### **3.6 Método de análisis de datos**

Bueno debido que la investigación es cuasiexperimental se toma ciertas medidas antes y durante los ensayos con la finalidad de analizar y determinar adecuadamente los datos, asegurándonos que las maquinarias o instrumentos que se usaran en los ensayos cuenten con certificados de calibración y calidad adecuada para así evitar o distorsionar las interpretaciones y análisis de los datos obtenidos, se usara un formato para recolectar e interpretar los datos lo cual será validada por un ingeniero con experiencia en los ensayos aplicados. Se interpretará mediante tablas y gráficos usando el programa Excel.

### **3.7 Aspectos éticos**

El presente proyecto de investigación fue elaborado mediante fuentes veraces como el uso de artículos científicos, tesis, normas y revistas todo relacionado al estudio del diseño s la subrasante empleando caucho en los suelos cohesivos. Se hace mención también que dichas fuentes obtenida fueron a nivel nacional e internacional los cuales fueron citados debidamente a través de la normativa ISO para así cumplir con los estándares de autenticidad e integridad de esta misma manera se realizara los ensayos en laboratorio certificado bajos las normativas con la finalidad de no alterar los resultados de manera intencional.

## **IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## PLANTEAMIENTO PROGRAMA EXPERIMENTAL

En el presente proyecto se evaluará la aplicación de caucho granular en suelos cohesivos para una mejora en la subrasante, se realizará una comparación con el suelo natural sin modificar sus características mecánicas y posteriormente se procederá a incorporar la adición de caucho granular en dosificaciones distintas de 3%, 6% 9% y 12% en base al peso de la muestra patrón a ensayar.

Por otra parte, es importante mencionar que se seleccione este material de caucho porque en el Perú la gran parte de los neumáticos inservibles son derivados al basurero o rellenos sanitarios provocando así un impacto ambiental negativo para el medio ambiente.

### **Características del material y muestras que se utilizaras durante el desarrollo de los ensayos:**

Caucho Granular: Se obtuvo en base a la molturación de llantas provenientes de los neumáticos que están en desuso en otras palabras, automóviles.

**Figura 4:** Caucho Granular retenido en el tamiz N° 10



**Fuente:** *Elaboración Propia*

La obtención del caucho granular se obtuvo de un puesto informal de reciclaje de caucho el cual contaba con su propia maquinaria para la trituración de los neumáticos en desuso. Sin embargo, los rangos que se disponían eran de 1.50 mm a 5 mm, por ello como objeto de estudio se realizó un tamizado con ayuda de la malla N°4 y N° 10 para obtener un tamaño adecuado aproximadamente.

**Figura 5:** Caucho Granular retenido en el tamiz N° 10



*Fuente: Elaboración Propia*

Suelo: el material de suelo se extrajo de manera practica tomando en cuenta las características de suelos arcillosos siendo la muestra básica para el desarrollo del proyecto, se realizó mediante calicatas de 1,5 m de profundidad según establece el Manual de Transporte y Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC), específicamente en el cuadro N° 3.1, para determinar la cantidad mínimas de calicatas. Dichas muestras fueron extraídas de la Av. Punchauca Ubicado en el distrito de Carabayllo.

### **Ensayos**

Para el desarrollo del proyecto de investigación y demostrar los objetivos se determinó los siguientes ensayos de laboratorios de suelos.

Característica Física:

- (ASTM D-422, MTC E107 Análisis Granulométrico por Tamizado).
- (ASTM D-4318, MTC E110 Limite Liquido
- (ASTM D-4318, MTC E111 Limite Plástico



Característica Mecánica:

- (ASTM D-1557, MTC - E115 Proctor Modificado).
- (ASTM D-1883, MTC – E132 California Bearing Ratio)

### **Análisis de ensayo Granulométrico**

Resultados del Análisis Granulométrico de la Calicata 1 (C-1)

En la tabla N°5 se aprecia el análisis granulométrico de la C-1 donde se resume las partículas obtenidas en porcentajes, por lo que se muestra que el suelo está compuesto de finos con un 38.7% y arena de la muestra analizada.

**Tabla 5: Resumen del Análisis Granulométrico C-1**

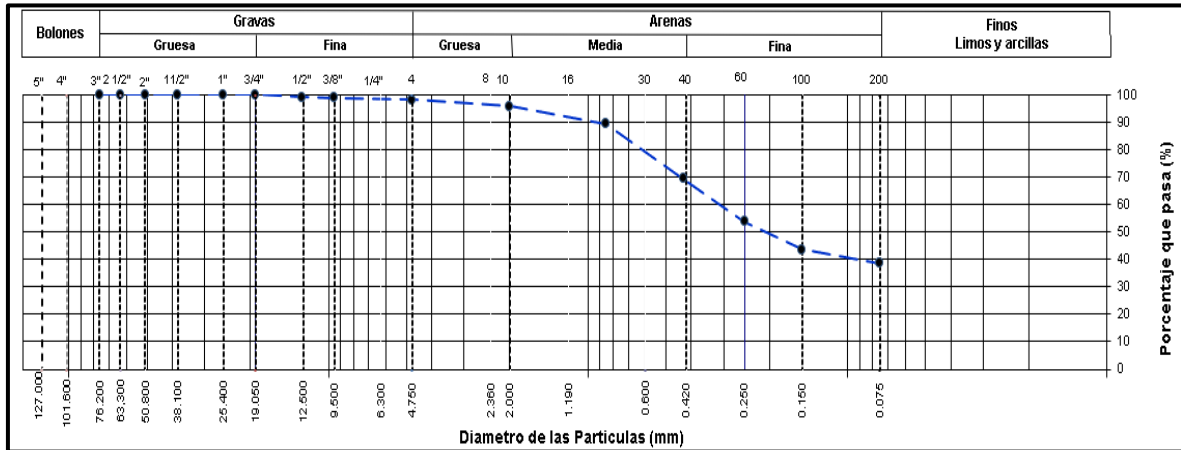
TAMIZ	AASHTO T-27	PORCENTAJE QUE PASA
	(mm)	
3"	76.200	100.00
2 1/2"	63.500	100.00
2"	50.800	100.00
1 1/2"	38.100	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.050	100.00
1/2"	12.700	99.20
3/8"	9.530	98.89
N° 4	4.750	98.12
N° 10	2.000	95.91
N° 20	0.850	89.27
N° 40	0.430	69.38
N° 60	0.250	53.72
N° 100	0.150	43.63
N° 200	0.075	38.68

Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
1.9	59.4	38.7

*Fuente: Elaboración Propia*

En la figura N° 6 se aprecia la curva granulométrica de la muestra analizada, viendo que hay una mayor cantidad retenido entre en tamiz N° 60 y N°200, indicando un mayor porcentaje de finos.

**Figura 6:** Curva Granulométrica



**Límites de Consistencia** Fuente: *Elaboración Propia*

Los resultados obtenidos de los límites de consistencia en laboratorio de la C-1, C-2, y C-3.

En la tabla N° 6 se puede apreciar el resumen de los ensayos de límites de Atterberg, por lo cual se observa que para la C-1 se obtuvo un índice de plasticidad baja con un suelo arena arcillosa, en cuanto a la C-2 y C-3 se obtuvo un suelo arena limosa en ambos casos.

**Tabla 6:** Resumen de Límites de Atterberg

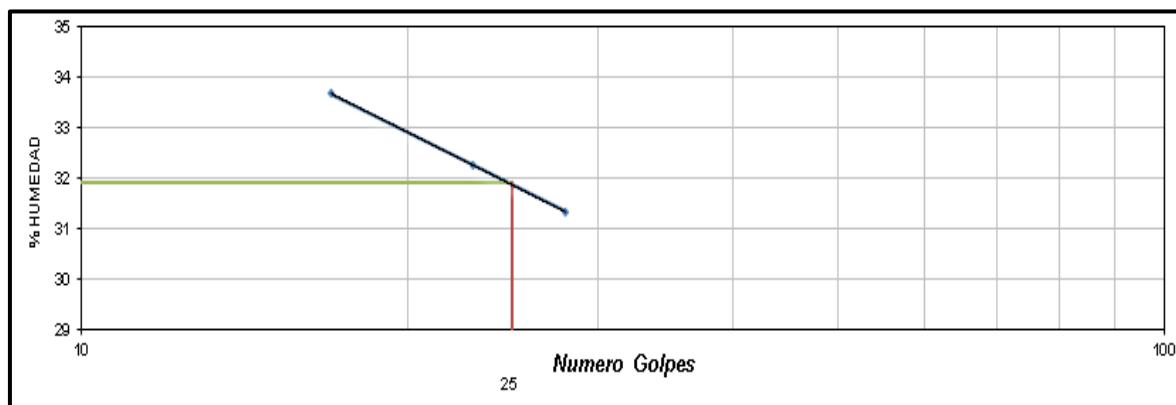
Puntos de Investigación / Calicatas	Límites de Atterberg		
	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
C-1	32	23	9
C-2	NP	NP	NP
C-3	NP	NP	NP

Fuente: *Elaboración Propia*

En la figura N° 7 se aprecia el diagrama del Límite Líquido (LL) de la calicata 1 se observa que el valor de la muestra al realizar los 25 golpes en la cuchara de

Casagrande es de 32%. En cuanto a la C-2 y C-3 no presento un límite líquido dándole como nomenclatura un (NP).

**Figura 7:** Diagrama del Límite Líquido (C-1)



*Fuente: Elaboración Propia*

### Clasificación del suelo según SUCS y AASHTO

En siguiente tabla N° 7 se presentará la clasificación del suelo teniendo en cuenta ciertas especificaciones de acuerdo a lo que obtuvo durante los ensayos en laboratorio. Mencionar también que se tomó en cuenta las partículas del suelo pasantes de las mallas N°4, N° 10, y N°200.

**Tabla 7:** Clasificación SUCS y AASHTO

Especificaciones	Muestras		
	C-1	C-2	C-3
Profundidad	1.50 m	1.50 m	1.50 m
Progresiva	Km 00+500	Km 1+000	Km 1+500
Grava	1.90%	2.00%	1.80%
Arena	59.40%	57.90%	58.70%
Finos	38.70%	40.10%	39.50%
Contenido de Humedad	2.70%	2.40%	2.10%
Límite Líquido	32.00%	NP	NP
Límite Plástico	23.00%	NP	NP
Índice de Plasticidad	9.00%	NP	NP
Clasificación SUCS	SC	SM	SM
Clasificación AASHTO	A-4 (0)	A-4 (0)	A-4 (0)
Nombre de la Clasificación	Arena arcillosa	Arena Limosa	Arena limosa

*Fuente: Elaboración Propia*

Se aprecia entonces de la tabla anterior que la Calicata N° 1 (C-1) muestra una cierta cantidad de finos del 38.7% y un Limite Liquido de 32 % siendo clasificada como un suelo arena arcillosa de baja plasticidad (SC) según SUCS y un suelo del grupo A-4 (0), mientras tanto la C-2 y C-3 se muestra una cantidad de finos de 40.1% y 39.5% pero no presenta un límite líquido (NP), clasificándola como un suelo arena limosa según SUCS y suelo de grupo A-4 (0). A continuación se muestra en la tabla N° 7 la clasificación SUCS y AASHTO de manera resumida.

**Tabla 8:** Resumen de la clasificación SUCS y AASHTO

Clasificación	C-1	C-2	C-3
Clasificación SUCS	SC	SM	SM
Clasificación AASHTO	A-4 (0)	A-4 (0)	A-4 (0)
N. de la Clasificación	Arenosa arcillosa	Arena limosa	Arena limosa

*Fuente: Elaboración Propia*

### **Selección de la Muestra o Pozos exploratorios (calicatas) a ensayar**

Los pozos exploratorios que se escogió se llevaron a realizar los ensayos del Proctor modificado y la resistencia a la penetración (CBR) a la C-1, ya que este tipo de suelo que se obtuvo se relaciona de manera más explícita con mis objetivos del mi trabajo de investigación. Por lo tanto, al seleccionar C-1 me permitió aumentar la cantidad de dosificaciones del caucho granular agregado al suelo y así poder obtener una información más amplia y detallada como también nos va permitir aumentar las posibilidades de determinar una adición de caucho más óptimo para un suelo con características similares.

### **Proctor Modificado**

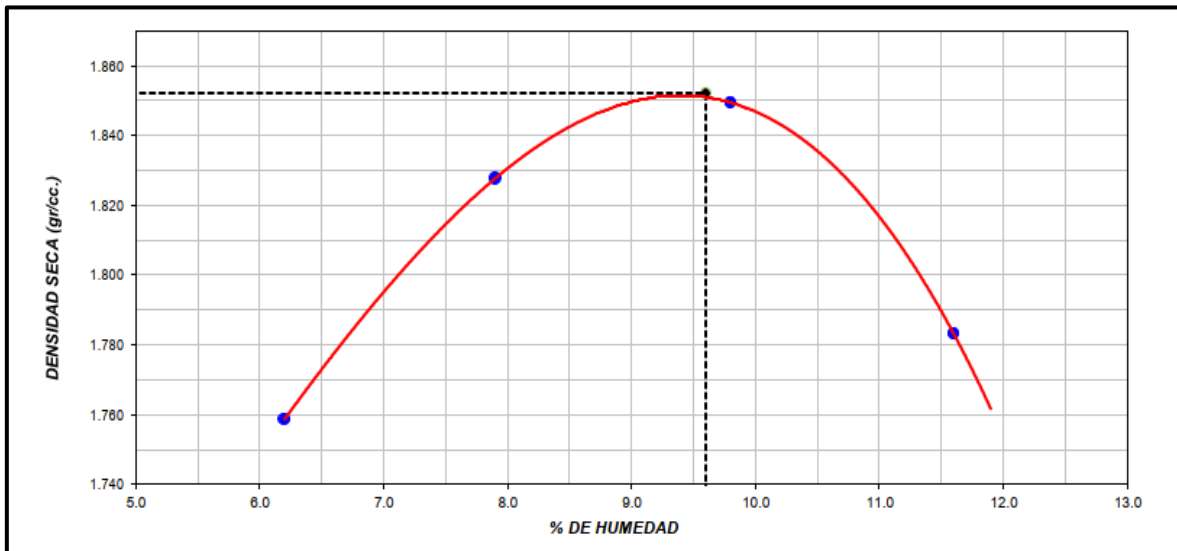
En la tabla N° 9 y figura N° 8 se aprecia los resultados obtenidos en laboratorio del Proctor Modificado de muestra o calicata (C-1) mediante una curva de relación Máxima densidad seca y el porcentaje Optimo contenido de humedad, por lo cual nos indica que el OCH para que la muestra pueda ser compactada es de 9.60% y la M.D.S es de 1.852 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 9:** Valores de Máxima densidad seca y Optimo contenido de Humedad

Máxima densidad seca	1.852 gr/cm <sup>3</sup>
Optimo contenido de humedad	9.60%

*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 8:** Diagrama del ensayo del Proctor Modificado (C-1)



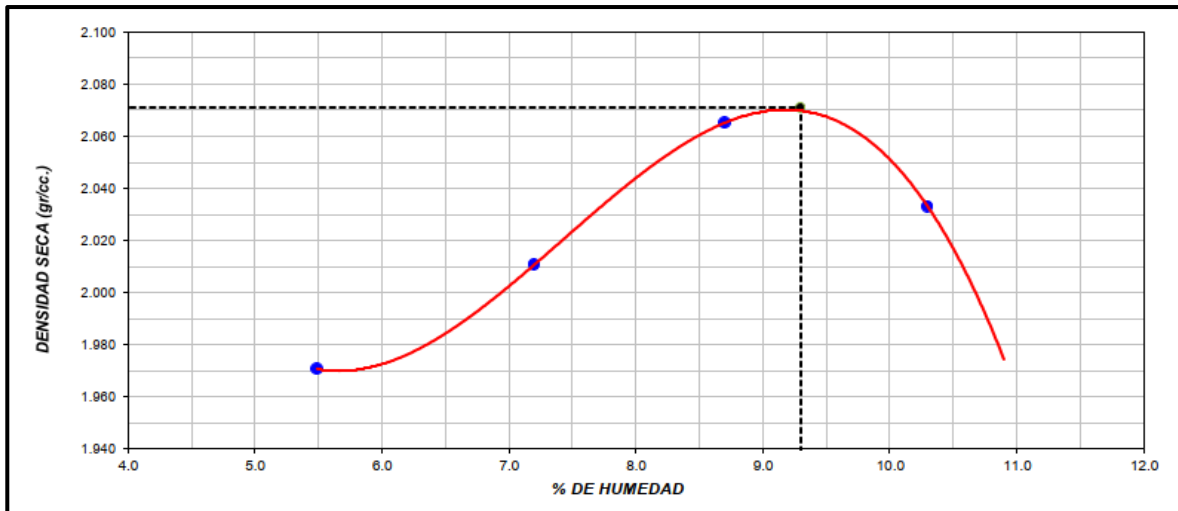
En la tabla N° 10 y figura N° 9 se aprecia los resultados obtenidos en laboratorio del Proctor Modificado de (C-1) con aplicación de caucho granular del 3% mediante una curva de relación Máxima densidad seca y el % de Optimo contenido de humedad, por lo cual nos indica que el OCH para que la muestra pueda ser compactada es de 9.30% y la MDS es de 2.071 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 10:** Valores de Máxima densidad seca y Optimo contenido de Humedad (3% de caucho granular)

Máxima densidad seca	2.071 gr/cm <sup>3</sup>
Optimo contenido de humedad	9.30%

*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 9:** Diagrama del ensayo del Proctor Modificado (C-1) con 3% de Caucho Granular



Fuente: Elaboración Propia

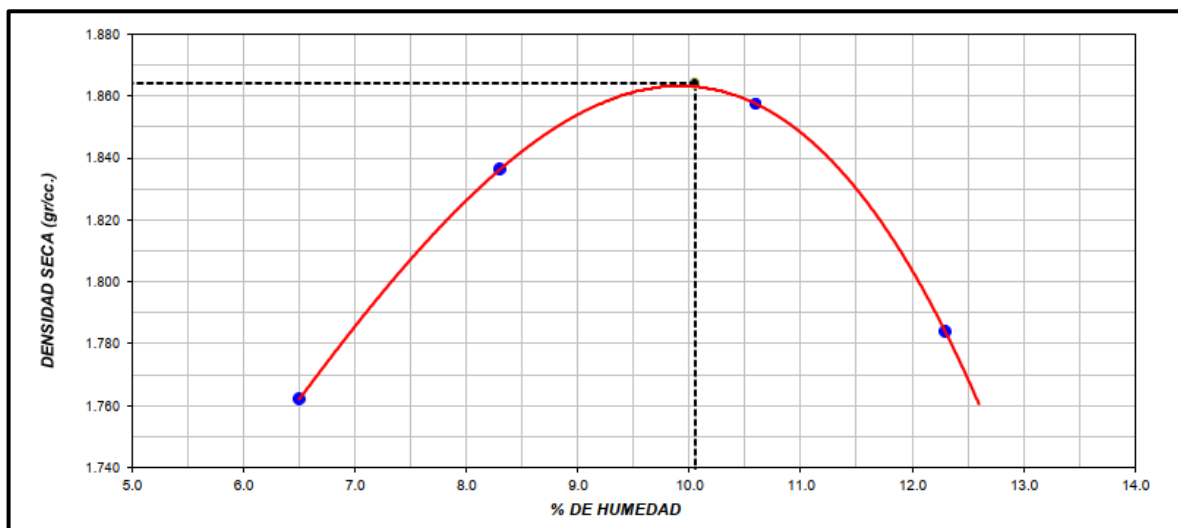
En la tabla N° 11 y figura N° 10 se aprecia los resultados obtenidos en laboratorio del Proctor Modificado de la exploración (C-1) con aplicación de caucho granular del 6% mediante una curva de relación del Optimo contenido de humedad y la Máxima densidad seca, por lo cual nos indica que el OCH para que la muestra pueda ser compactada es de 10.1% y la M.D.S es de 1.864 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 11: Valores de Máxima densidad seca y Optimo contenido de Humedad (6% de caucho granular)**

Máxima densidad seca	1.864 gr/cm <sup>3</sup>
Optimo contenido de humedad	10.1%

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 10:** Diagrama del ensayo del Proctor Modificado (C-1) con 6% de Caucho Granular



Fuente: Elaboración Propia

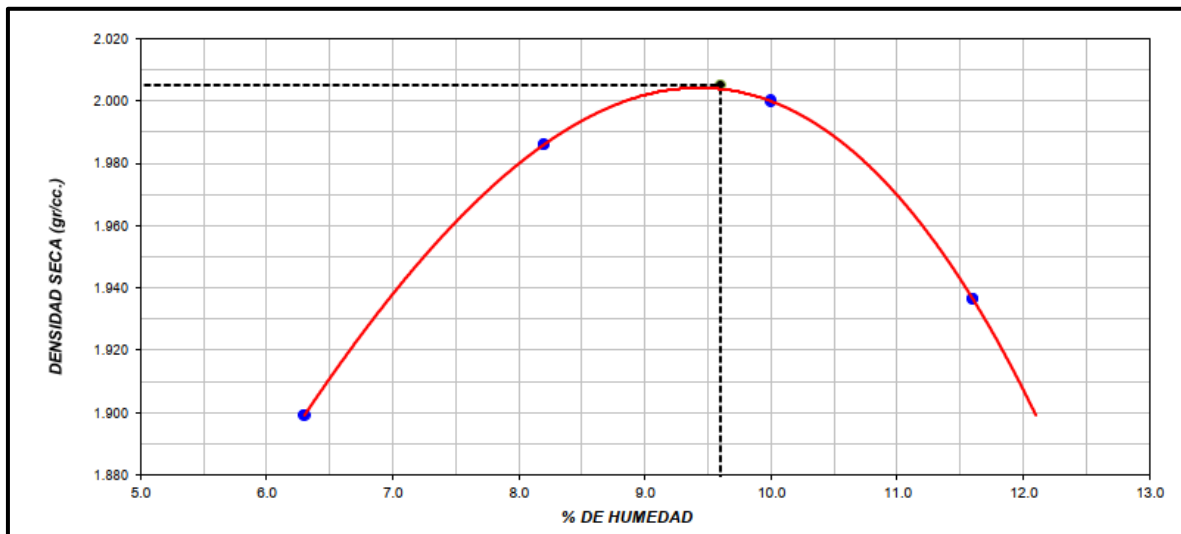
del Proctor Modificado de la exploración (calicata / C-1) con aplicación de caucho granular del 9% mediante una curva de relación del Optimo contenido de humedad y la Máxima densidad seca, por lo cual nos indica que el OCH para que la muestra pueda ser compactada es de 9.6% y la MDS es de 2.005 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 12: Valores de Máxima densidad seca y Optimo contenido de Humedad (9% de caucho granular)**

Máxima densidad seca	2.005 gr/cm <sup>3</sup>
Optimo contenido de humedad	9.6%

*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 11:** Diagrama del ensayo del Proctor Modificado (C-1) con 9% de Caucho Granular



*Fuente: Elaboración Propia*

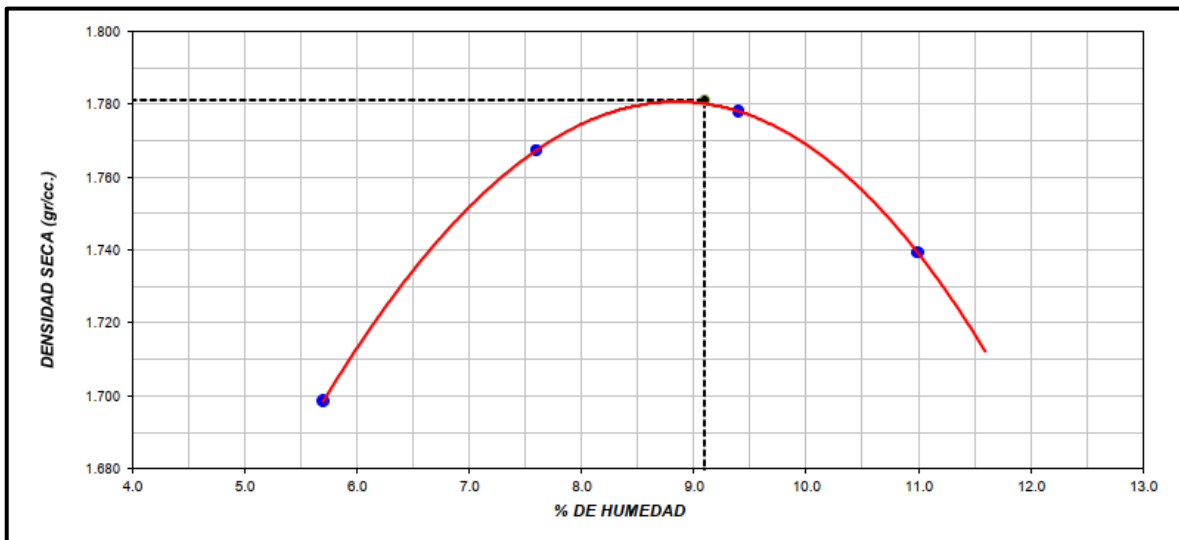
En la tabla N° 13 y figura N° 12 se aprecia los resultados obtenidos en laboratorio del Proctor Modificado de la exploración (C-1) con aplicación de caucho granular del 12% mediante una curva de relación del Optimo contenido de humedad y la Máxima densidad seca, por lo cual nos indica que el OCH para que la muestra pueda ser compactada es de 9.1% y la M.D.S es de 1.781 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 13: Valores de Máxima densidad seca y Optimo contenido de Humedad (12% de caucho granular)**

Máxima densidad seca	1.781 gr/cm <sup>3</sup>
Optimo contenido de humedad	9.1%

*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 12:** Diagrama del ensayo del Proctor Modificado (C-1) con 12% de Caucho Granular



*Fuente: Elaboración Propia*

### Ensayo Relación de Soporte de California (CBR)

Resistencia a la penetración (CBR) – Suelo Natural

En la tabla N° 14 se aprecia los diferentes porcentajes del ensayo de CBR obtenidos al compactar la muestra a 56, 25 y 12 golpes con una MDS al 95% y 100%, de igual manera se observa el CBR al penetrar a una profundidad de 0.1" y 0.2".

**Tabla 14: CBR obtenido al 95% y 100% de la MDS**

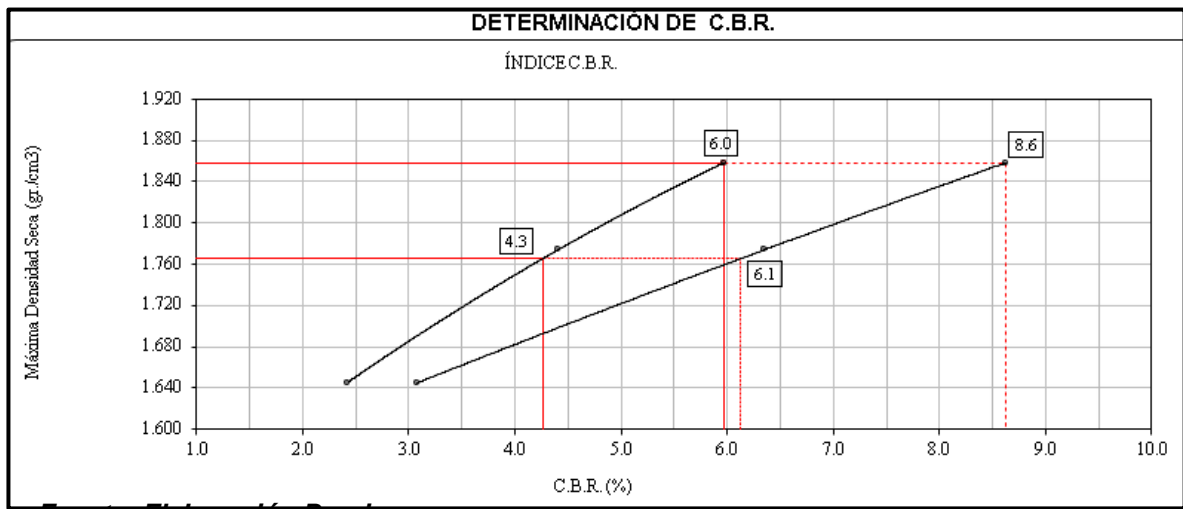
	CBR	
	95% M.D. S	100% M.D. S
Prof. De 0.1"	4.3%	6.0%
Prof. De 0.2"	6.1%	8.6%

*Fuente: Elaboración Propia*



En la figura N° 13 se presenta la curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>), por lo cual nos permite apreciar el valor obtenido de manera más detallada en un gráfico. Concluyendo que en el índice de CBR al 95% del suelo natural de su MDS obtuvo un valor de 4.3% categorizándola según los parámetros del MTC (Sección Suelo, Geología y Pavimentos) como una Subrasante insuficiente ya que se encuentra en un rango de CBR  $\geq 3\%$  a  $\leq 6\%$ .

**Figura 13:** Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca



**Fuente:** Elaboración Propia

Resistencia a la penetración (CBR) – Suelo Natural + caucho granular 3%

En la figura N° 14 se muestra el caucho granulado y pesado en la balanza teniendo en cuenta como referencia el 3% del peso de la muestra del suelo.

**Figura 14:** Caucho Granular en 3% respecto al peso de la muestra



**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla N° 15 se aprecia los diferentes porcentajes del ensayo de CBR obtenidos al compactar la muestra a 56, 25 y 12 golpes con una adición de caucho granular del 3% teniendo una MDS al 95% y 100%, de igual manera se observa el CBR al penetrar a una profundidad de 0.1" y 0.2".

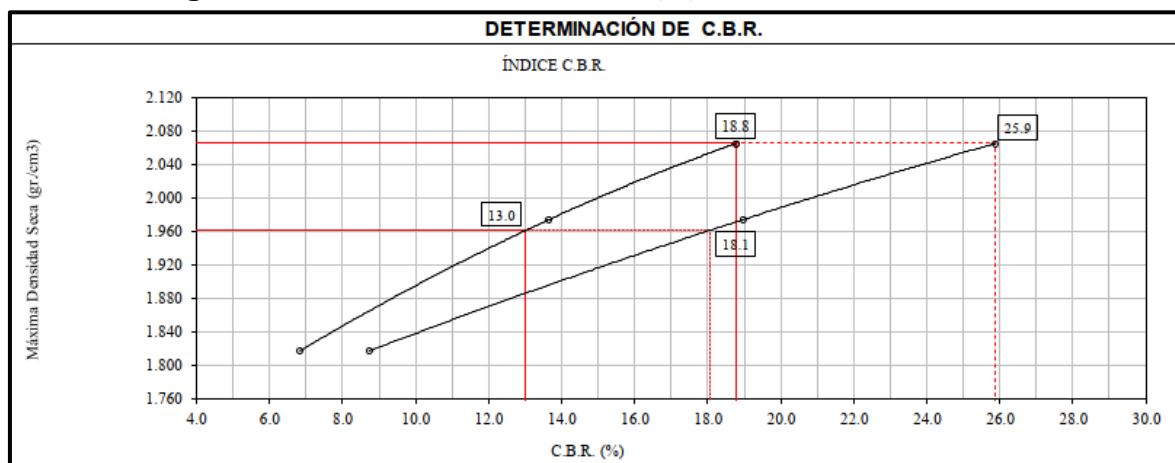
**Tabla 15: CBR obtenido al 95% y 100% de la MDS**

CBR		
	95% M.D. S	100% M.D. S
Prof. De 0.1"	13.0%	18.8%
Prof. De 0.2"	18.1%	25.9%

*Fuente: Elaboración Propia*

Viendo los valores obtenidos en la figura N° 15 se presenta la curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>), por lo cual nos permite apreciar que hubo un incremento en el porcentaje del CBR con un valor obtenido al 95% de su MDS obtuvo un valor de 13.0% categorizándola según los parámetros del MTC (Sección Suelo, Geología y Pavimentos) como una Subrasante buena ya que se encuentra en un rango de CBR ≥10% a ≤20%.

**Figura 15:** Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca



*Fuente: Elaboración Propia*

Resistencia a la penetración (CBR) – Suelo Natural + caucho granular 6%

En la figura N° 16 se muestra el caucho granulado y pesado en la balanza teniendo en cuenta como referencia el 6% del peso de la muestra del suelo.

**Figura 16:** Caucho Granular en 6% respecto al peso de la muestra



**Fuente:** *Elaboración Propia*

En la tabla N° 16 se aprecia los diferentes porcentajes del ensayo de CBR obtenidos al compactar la muestra a 56, 25 y 12 golpes con una adición de caucho granular del 6% teniendo una MDS al 95% y 100%, de igual manera se observa el CBR al penetrar a una profundidad de 0.1" y 0.2".

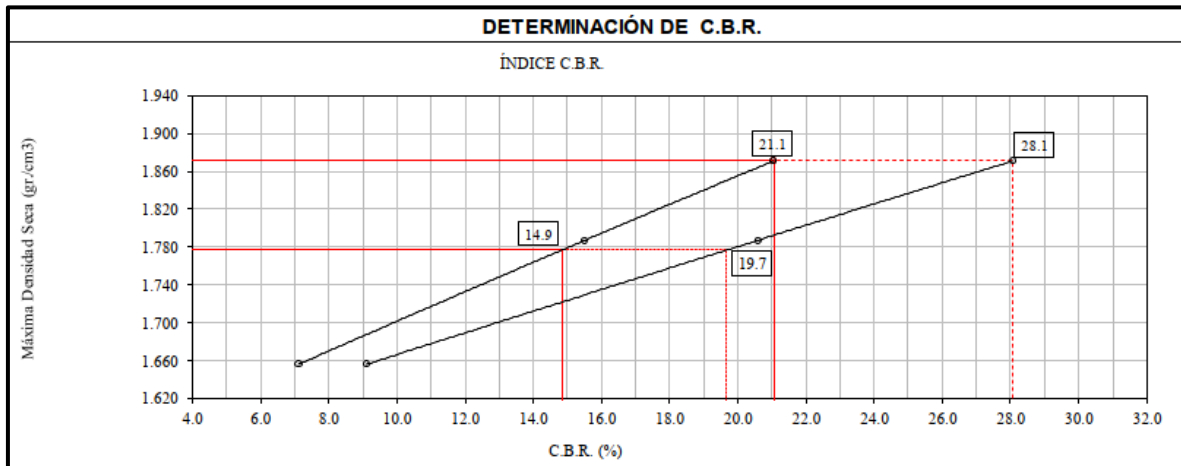
**Tabla 16:** CBR obtenido al 95% y 100% de la MDS

CBR		
	95% M.D. S	100% M.D. S
Prof. De 0.1"	14.9%	21.1%
Prof. De 0.2"	19.7%	28.1%

**Fuente:** *Elaboración Propia*

En la figura N° 17 se presenta la curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>), por lo cual nos permite apreciar que hubo un pequeño incremento en el porcentaje del CBR con un valor obtenido al 95% de su MDS obtuvo un valor de 14.9% manteniendo una categorización según MTC como una Subrasante buena ya que se encuentra en un rango de CBR  $\geq 10\%$  a  $\leq 20\%$ .

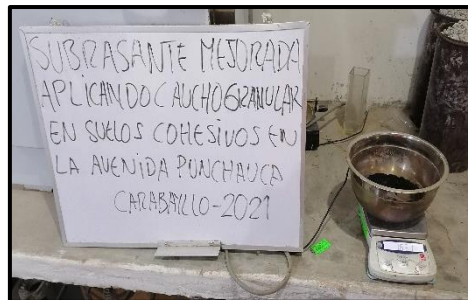
**Figura 17:** Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca Resistencia a la penetración (CBR) – Suelo Natural + caucho granular 9%



**Fuente:** Elaboración Propia

En la figura N° 18 se muestra el caucho granulado y pesado en la balanza teniendo en cuenta como referencia el 9% del peso de la muestra del suelo.

**Figura 18:** Caucho Granular en 9% respecto al peso de la muestra



**Fuente:** Elaboración Propia

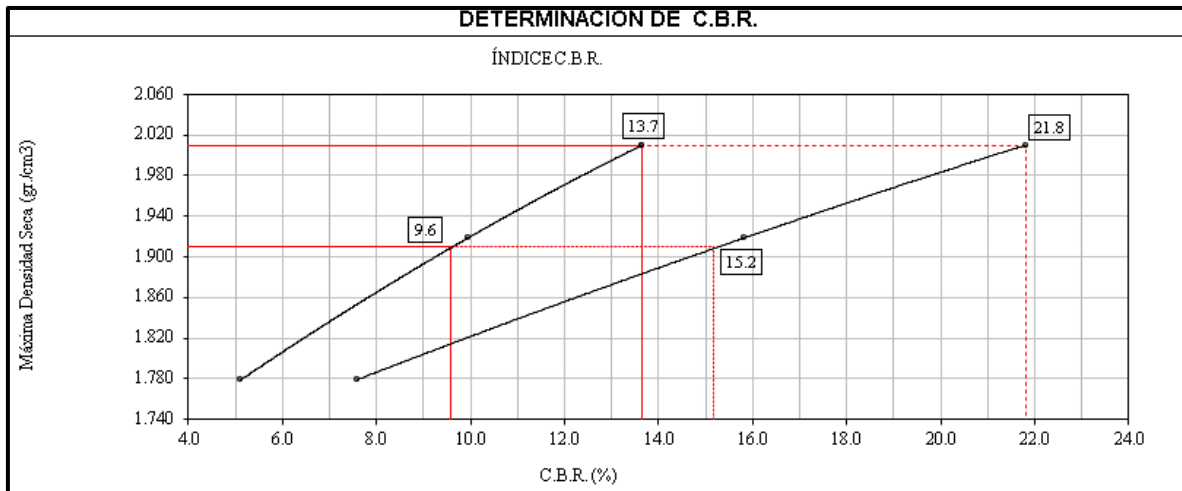
En la tabla N° 17 se aprecia los diferentes porcentajes de índice de CBR obtenidos del ensayo al compactar la muestra a 56, 25 y 12 golpes con una adición de caucho granular del 9% teniendo una MDS al 95% y 100%, de igual manera se observa el CBR al penetrar a una profundidad de 0.1" y 0.2".

**Tabla 17:** CBR obtenido al 95% y 100% de la MDS

	CBR	
	95% M.D. S	100% M.D. S
Prof. De 0.1"	9.6%	13.7%
Prof. De 0.2"	15.2%	21.8%

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 19:** Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca



**Fuente:** *Elaboración Propia*

Se puede apreciar en la figura N° 19 la curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>), por lo cual nos permite apreciar que hubo disminución del porcentaje del CBR con un valor obtenido al 95% de su MDS obteniendo un valor de 9.6%. Sin embargo, mantiene una categorización óptima y según MTC como una Subrasante regular ya que se encuentra en un rango de CBR  $\geq 6\%$  a  $\leq 10\%$ .

Resistencia a la penetración (CBR) – Suelo Natural + caucho granular 12%

En la figura N° 20 se muestra el caucho granulado y pesado en la balanza teniendo en cuenta como referencia el 12% del peso de la muestra del suelo.

**Figura 20:** Caucho Granular en 12% respecto al peso de la muestra



**Fuente:** *Elaboración Propia*

En la tabla N° 18 se observó los diferentes porcentajes del ensayo de CBR obtenidos al compactar la muestra a 56, 25 y 12 golpes con una adición de caucho granular del 12% teniendo una MDS al 95% y 100%, de igual manera se observa el CBR al penetrar a una profundidad de 0.1" y 0.2".

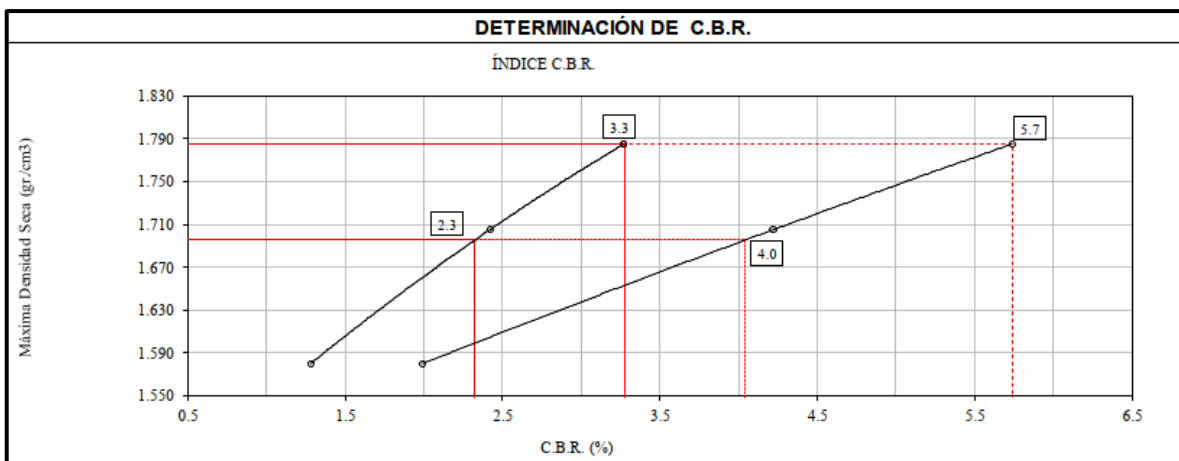
**Tabla 18: CBR obtenido al 95% y 100% de la MDS**

CBR		
	95% M.D. S	100% M.D. S
Prof. De 0.1"	2.3%	3.3%
Prof. De 0.2"	4.0%	5.7%

*Fuente: Elaboración Propia*

Se puede observar en la figura N° 21 la cual nos permite apreciar que al aumentar 12% de caucho disminuyo radicalmente el porcentaje del CBR con un valor obtenido al 95% de su MDS obteniendo un valor de 2.3% por lo cual cambia su categorización a una Subrasante insuficiente ya que es menor a un CBR >3% de acuerdo al MTC.

**Figura 21:** Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca

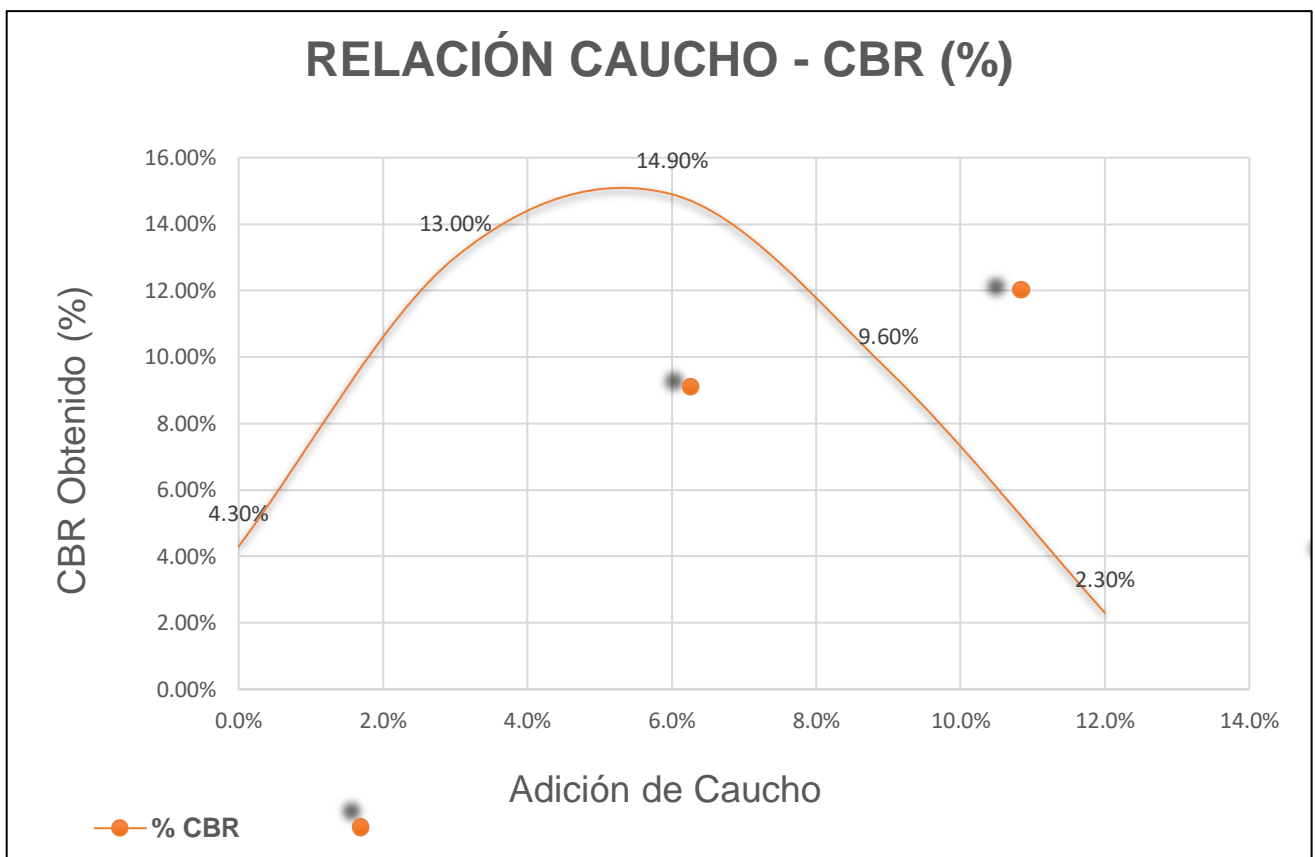


*Fuente: Elaboración Propia*

## Resumen de los resultados obtenidos del ensayo de CBR

En la figura N° 22 se aprecia de manera practica y resumida los valores del CBR al aplicarse caucho granulado, mediante una curva de relación Caucho – CBR (%) nos va permitir interpretar que conforme se aumenta el caucho se logra aumentar el porcentaje de CBR hasta un 14.9% sin embargo esto sucede solo cuando se adiciona una dosificación de caucho del 6% ya que al agregar mucho más este empieza a disminuir su porcentaje de CBR.

**Figura 22:** Curva de valores obtenidos (CBR) mediante la combinación Suelos - Caucho



*Fuente: Elaboración Propia*

Para un diseño de pavimento se deberá tener en cuenta los valores que se obtuvo del terreno para una subrasante en suelos cohesivos que ha sido determinado en esta investigación en base a los índices CBR obtenidos.

Sin embargo, muchas veces por el tiempo y costo de los ensayos se limita los resultados de laboratorio, por ello para seguir requerimientos de la línea de investigación se realizó un Diseño de plano de cortes y señalización de la zona de estudio en la avenida Punchauca Carabayllo. A continuación, se aprecia un diseño de plano la zona de ubicación donde se indica los puntos de los pozos exploratorios (calicatas) que se realizó al terreno y sobre todo los detalles de corte de una propuesta de una vía de circulación indicando elementos que se debe utilizar en obras de todo tipo en su totalidad o parcialmente, ya sea un camino, autopista o vía urbana.

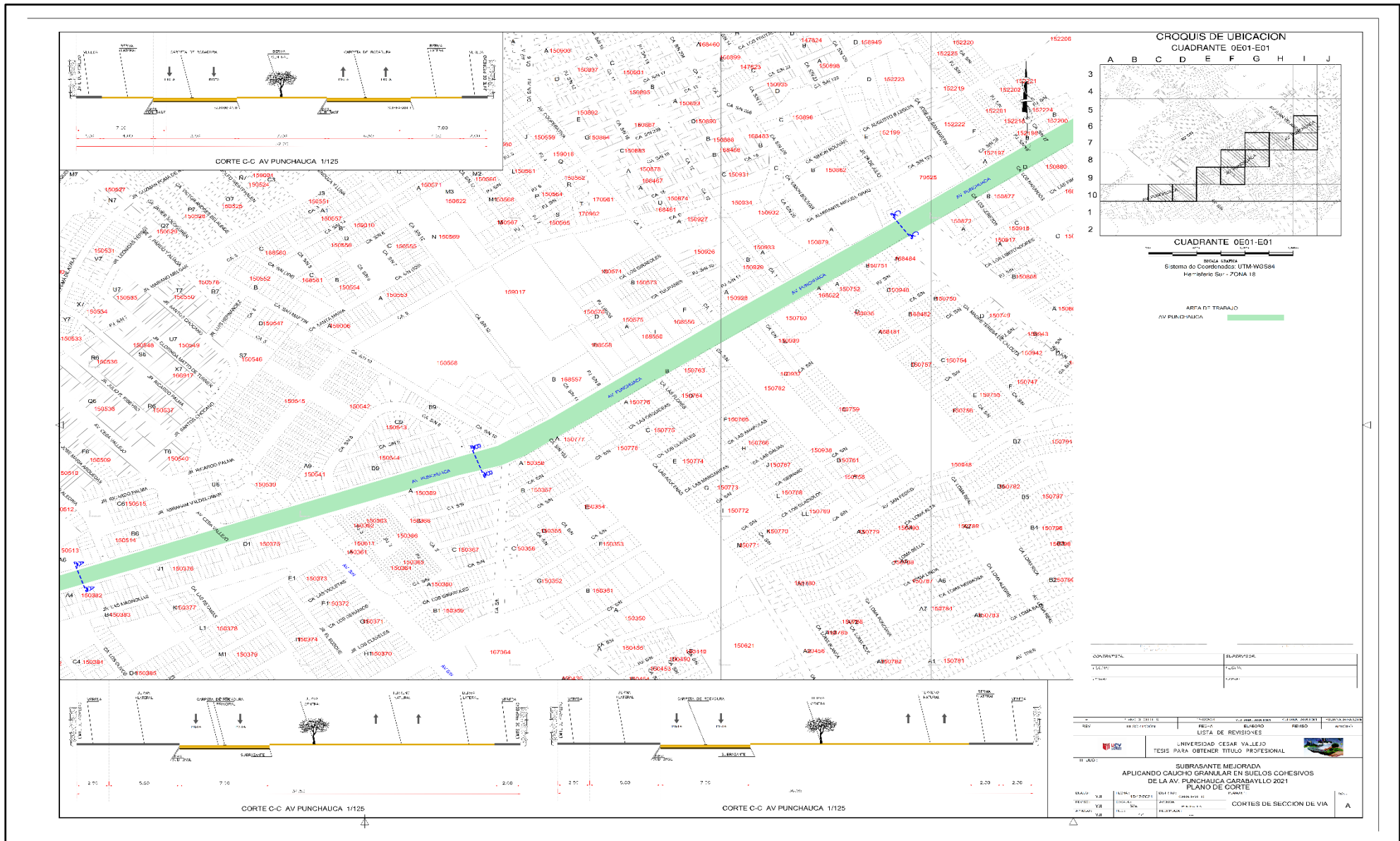
**Figura 23:** Zona de estudio Av. Punchauca, Carabayllo



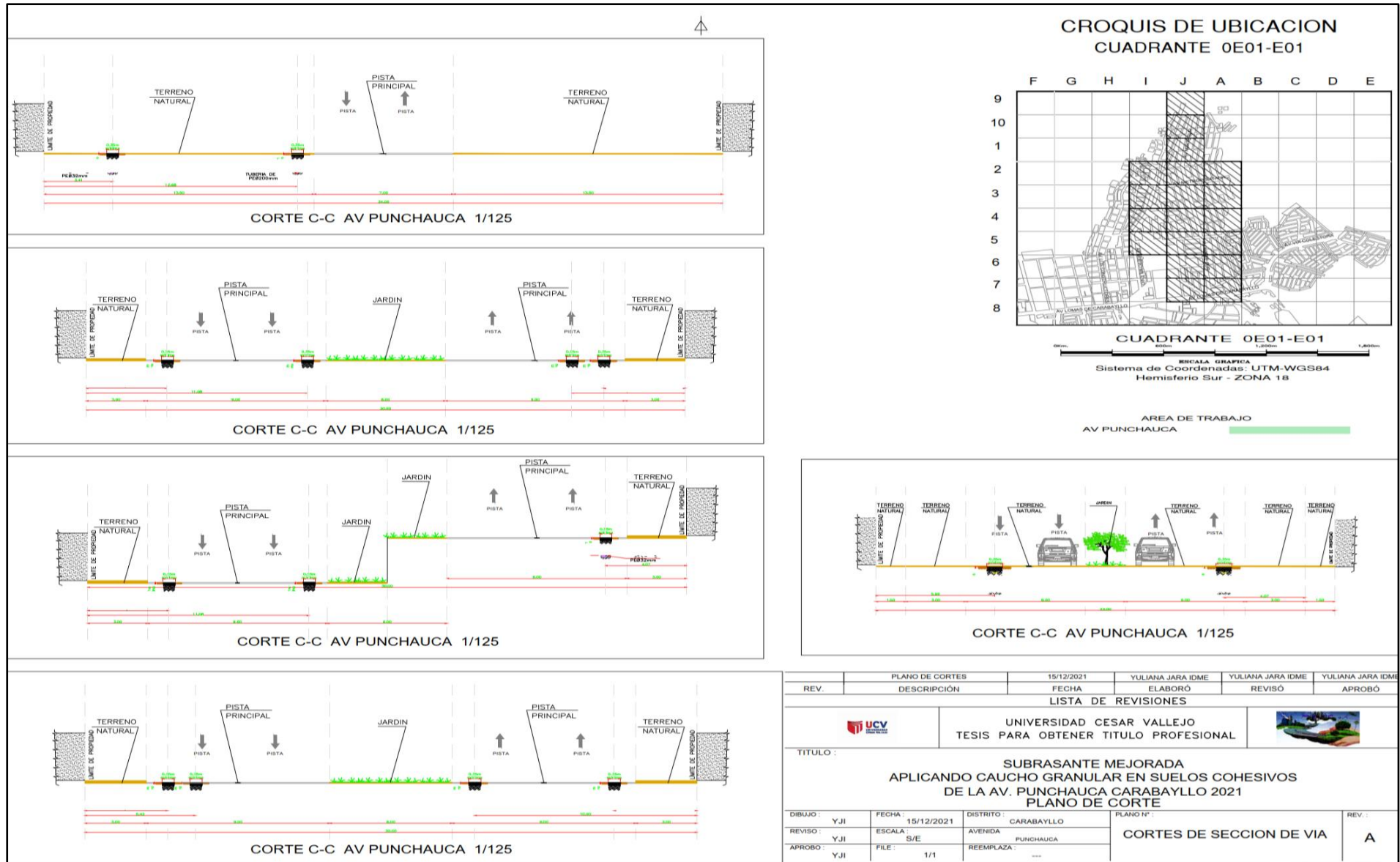
*Fuente: Elaboración Propia*



**Figura 24:** Pano de Ubicación de la zona de estudio con sus respectivos cortes de sección de la vía.



Fuente: Elaboración Propia



**Figura 25:** Plano de cortes de sección de la vía.

## **V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Abhinav (2015) En sus resultados concluye que al implantar un 10% de caucho triturado a un suelo arcilloso obtiene un valor de CBR del 3.5%, mejorando ligeramente su resistencia a la penetración, teniendo en cuenta que el tamaño del caucho agregado fue de 0.42 mm, y que el óptimo contenido de humedad para obtener la máxima densidad seca disminuye a medida que se le aumenta los porcentajes de caucho. El cual con los resultados obtenidos en esta presente investigación podemos afirmar que el adicionar caucho granular mejora las características mecánicas de suelos cohesivos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que se obtuvo una mejor resistencia a la penetración de (14.90%) utilizando un caucho granular de 2 mm a 5 mm con una dosificación óptima de 6%, mientras que, el autor de la india obtuvo una resistencia del (3.5%) utilizando caucho triturado de 0.42 mm con dosificación del 10%.

Álvarez y Gutiérrez (2019) En su trabajo de investigación concluye que al adicionar caucho con un tamaño de 2 mm a 0.075 mm a un suelo arcilloso se obtuvo un aumento de la resistencia a la penetración (CBR) del 9.4% con una dosificación del 3.5%, mientras que, el suelo arcilloso sin alterar obtuvo una resistencia del 3.2%, mostrando un mejoramiento significativo del suelo. Mientras que en la presente tesis se pudo apreciar de igual manera que hubo una mejora ya que para el suelo natural tuvo un CBR de 4.3% y un 14.95% de CBR para la combinación de un suelo más caucho de 6% y un diámetro de 2 mm a 5 mm. Por lo tanto, podemos afirmar que la adición de caucho granular mejora la categoría del suelo para ser usada como subrasante y que puede lograr mejores resultados con un tamaño menor a 2 mm de acuerdo a los autores.

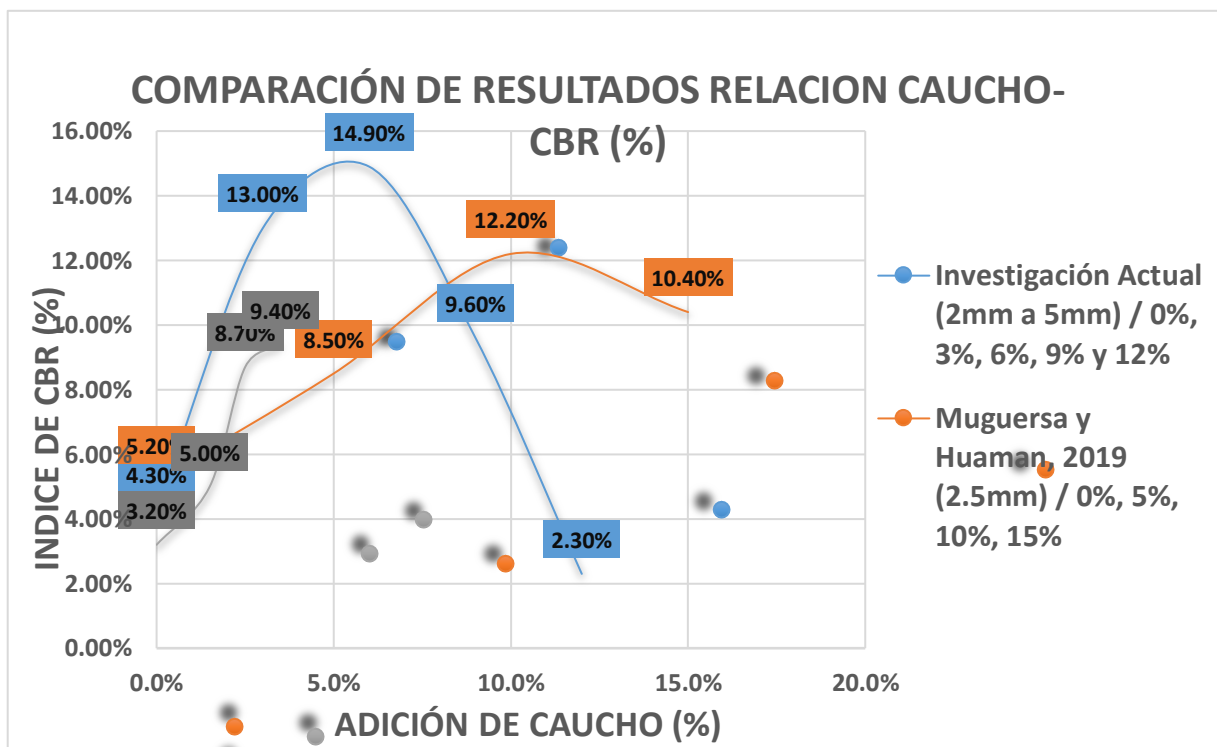
Cusquisibán (2016), quien realizó en su tesis un estudio en Cajamarca concluye que agregar 60% de material reciclado genera buenos resultados con una calificación CBR de 41%. Esto se debe a la incorporación de caucho granulado reciclado en la construcción de pavimentos para mejorar el suelo de arcilla. A diferencia del suelo arcilloso que suelen tener un CBR máximo de 7,10%, el caucho granular es un buen material para la subrasante, dado que en la presente tesis se logró afirmar su resultado ya que al realizar el ensayo se obtuvo resultados favorables al adicionar caucho granular, se pudo apreciar que el CBR cambio los

valores pasando del 4.3% al 14.95 %, lo cual está dentro de la categoría de un suelo bueno.

En la figura N°22 se visualiza la relación de caucho incorporado en suelos cohesivos donde se aprecia que la investigación actual con los antecedentes relevantes se ve que la aplicación del caucho en diferentes proporciones mejora la subrasante incrementando el índice de CBR.

La dosificación óptima de Muguerza y Huamán fue de 10% obteniendo un índice de CBR de 12.20%, mientras que en la investigación presente la dosificación óptima de caucho fue del 6%, obteniendo un índice de CBR del 14.90% categorizándola como una subrasante buena.

**Figura 26:** Comparación de resultados de relación – caucho

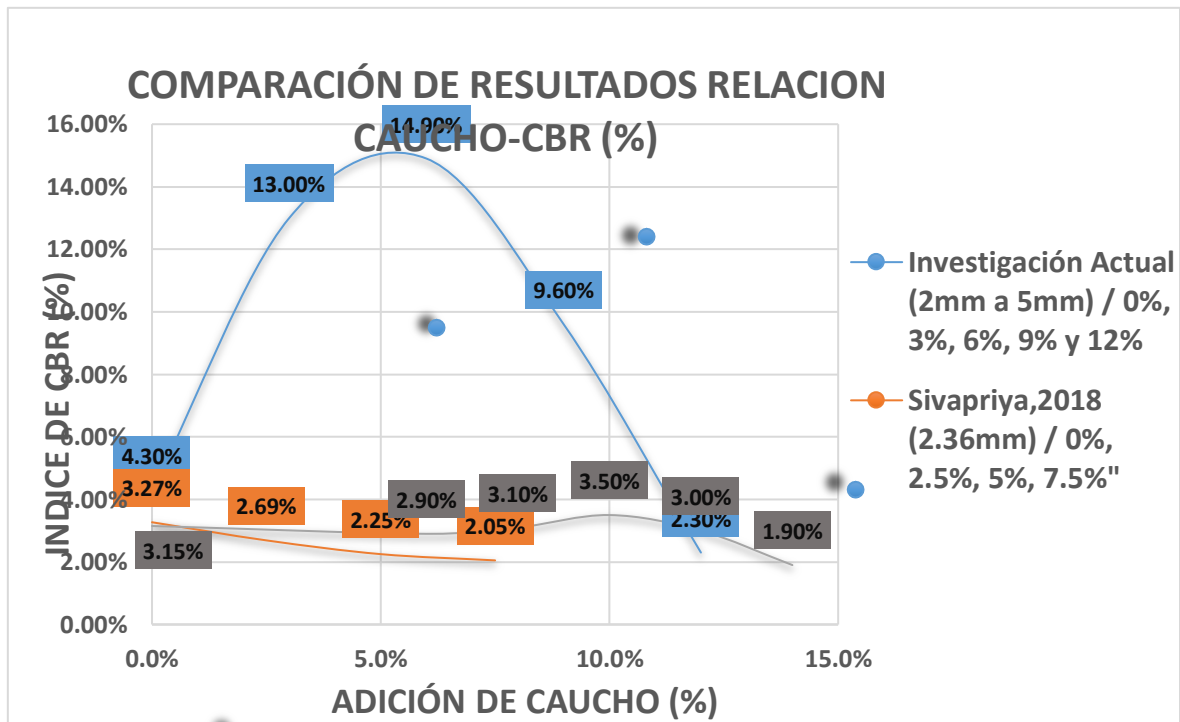


Fuente: Elevación Propia

En la figura N° 23 se visualiza la relación de caucho incorporado en suelos cohesivos donde se aprecia que la investigación actual con los antecedentes relevantes se ve que la aplicación del caucho en diferentes proporciones mejora la subrasante y a la vez se ve que en algunas investigaciones no presenta mejora en el CBR.

Para el investigador Sivapriya, 2018 fue de 2.5% obteniendo un índice de CBR de 2.69%, mientras que en la investigación presente la dosificación óptima de caucho fue del 6%, obteniendo un índice de CBR del 14.90% categorizándola como una subrasante buena.

**Figura 27:** Comparación de resultados de relación – caucho



*Fuente: Elevación Propia*

## **VI. CONCLUSIONES**

1. En este trabajo de investigación se determinó que la aplicación del caucho granular en suelos cohesivos mejoro la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021. En base a los resultados obtenidos se determinó que al adicionar caucho granular al suelo se pudo apreciar una mejoría en sus características y como consecuencia una mejor categorización de la subrasante otorgándole una mayor resistencia de CBR.
2. Se determinó que la dosificación del caucho granular en suelos cohesivos influyo en el Proctor modificado ya que mejoro la resistencia de la Subrasante. Por lo tanto se cumplió el objetivo específico 1 y 2, ya que al obtener los resultados de los ensayos se pudo apreciar una variación en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca al adicionar el 3% y 6% de caucho granular, esto debido a que principalmente el caucho es un material impermeable, es decir no absorbe el agua generando una mejor adherencia con el suelo, logrando también una mejora en su resistencia a la penetración del CBR donde se pudo observar durante el ensayo a la penetración obteniendo una resistencia de CBR de 4.3% para el suelo natural y un 14.95% de CBR para la combinación de un suelo más caucho logrando un incremento en el CBR pasando de una subrasante insuficiente (CBR  $\geq 3\%$  a  $\leq 6\%$ ) a una subrasante buena (CBR  $\geq 10\%$  a  $\leq 20\%$ ).
3. Se cumplió también que la dosificación de 9% de caucho granular mejoro la resistencia a la penetración del suelo ya que a la hora que se realizó el ensayo de CBR se obtuvo una resistencia de 9.6% aumentando un 5.3% más con respecto al suelo natural obteniendo un (4.3%), pasando de una subrasante insuficiente (CBR  $\geq 3\%$  a  $\leq 6\%$ ) a una subrasante regular (CBR  $\geq 6\%$  a  $\leq 10\%$ ).
4. Se determinó que la dosificación de suelo más caucho de 12% no mejoro la resistencia a la penetración del suelo ya que a la hora que se realizó el ensayo de CBR se obtuvo una resistencia de 2.30% disminuyendo radicalmente el CBR, pasando a una subrasante inadecuada (CBR  $< 3\%$ ).



5. Así mismo se concluyó que el tamaño del caucho granular en suelos cohesivos influyo en el Proctor modificado y mejoro la resistencia de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabayllo- 2021. Se cumplió también el objetivo específico 3 y 4 ya que al adicionar caucho granular de un tamaño de un rango de 2 mm a 4.5 mm, la cual fue tamizado con la malla N°4 y N° 10 se pudo notar una variación en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad en las diferentes dosificaciones que se empleó a la muestra, de igual manera se vio una mejora en la resistencia a la penetración obteniendo un mayor porcentaje de CBR con una dosificación optima de caucho en un 6%, teniendo un CBR de 14.95% al 95% de su máxima densidad seca de 1.777 gr/cm<sup>3</sup> (MDS).
  
6. Se diseño unos planos de cortes y señalización de la zona de estudio en la avenida Punchauca Carabayllo donde se aprecia la zona de ubicación y sobre todo los detalles de corte de una propuesta de una vía de circulación indicando elementos que se debe utilizar ya sea un camino, autopista o vía urbana.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Según los resultados de la investigación se recomienda seguir efectuando este estudio de suelo arcilloso para una mejora de la subrasante aplicando diferentes cantidades de caucho menores que se consideró en este presente trabajo de investigación.
- Según los resultados de la investigación se recomienda buscar un caucho granular tamizado de un solo tamaño, ya que eso ayudara de alguna otra manera a comparar y conocer con exactitud y así manejar un tamaño más optimo del caucho basándose también en otras investigaciones.
- Según los resultados de la investigación se recomienda emplear porcentajes de caucho granular en un máximo del 10% ya que pasando este porcentaje se ve una disminución del CBR y que la variedad entre porcentajes no exceda del 3% y así se podrá obtener con mayor claridad un óptimo contenido de caucho en la mejora de un suelo cohesivo.
- Según los resultados de la investigación se recomienda investigar o efectuar el aspecto de un análisis económico comparando costos que implica utilizar el caucho con un material de préstamo o cantera u otros estabilizadores y así darle mayor importancia a esta investigación con respecto al uso del caucho granular.

## REFERENCIAS

- ABHINAV, R.(2015). Effect on soil properties upon the addition of crumb rubber. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Kurukshetra: National Institute of Technology. Recuperado de <http://14.139.60.7:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/991/TH-3791.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- AL-NEAMI, M. (2018). Stabilization of Sandy soil using recycle waste tire chips. International Journal of Geomate [en línea]. Vol. 15, [fecha de consulta: 02 de mayo de 2021]. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Mohammed\\_Al-Neami2](https://www.researchgate.net/profile/Mohammed_Al-Neami2) ISSN: 2186 – 2990
- ALVAREZ, Nicols y GUTIERREZ. (2019). Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648723>
- ARAUJO, W. (2014). Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Piura: Universidad de Piura. Disponible en [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI\\_208.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI_208.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ARIAS, F. (2012). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología [en línea]. 6.ª ed. Venezuela: Editorial episteme [fecha de consulta: 14 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf> ISBN: 980-07-8529-9
- BORJA, M. (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros [en línea]. Chiclayo [fecha de consulta: 14 de mayo de 2021]. Disponible en: [https://libreriafavorita.blogspot.com/2017/09/metodologia-de-la-investigacion\\_20.html](https://libreriafavorita.blogspot.com/2017/09/metodologia-de-la-investigacion_20.html)

- Benavente, H. y Navarro, C. (2020). Estudio experimental del comportamiento mecánico-geotécnico de un suelo granular con adición de caucho reciclado proveniente de neumáticos inservibles. Universidad Peruana Ciencias Aplicadas. Recuperado de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/650334/Benavente HE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/650334/Benavente_HE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  
- Braja M. Das 2008. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica. Mexico: CENGAGE Learning.
  
- Campaña Cruz, K. O., Galeas Hurtado, S., & Guerrero Barragán, V. H. (2015). Obtención de Asfalto Modificado con Polvo de Caucho Proveniente del Reciclaje de Neumáticos de Automotores. Revista Politécnica, 36(3).  
  
 Recuperado de [http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/513](http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/513)
  
- Castro, A. (2017). Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de la subrasante. Recuperado de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/10054/1/castro\\_ca.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/10054/1/castro_ca.pdf)
  
- CASTRO, G. (2010). Reutilización, Reciclado y disposición Final de neumáticos [en línea]. Departamento de Ingeniería Mecánica, [fecha de consulta: 10 de mayo de 2021].  
  
 Disponible en [https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material\\_Complementario/Reutilizacion\\_Reciclado\\_y\\_Disposicion\\_final\\_de\\_Neumatico.pdf](https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico.pdf)
  
- CUSQUISIBÁN, W. (2014). Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento. Tesis (Título profesional en Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/685>
  
- Chillihuani, V. (2017). Diseño e implementación de un equipo de corte directo para suelos gravosos y su aplicación en suelos típicos de cusco (Tesis de Pregrado). Cusco, Perú.

- Dirección General de Políticas e Instrumentos de Gestión Ambiental. (2018). Agenda Nacional de Acción Ambiental al 2021. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/ANAA-al-2021-Propuesta-28.12.18-consulta-p%C3%BAblica.pdf>
- DELARZE, P. (2008). Reciclaje de neumáticos y su aplicación en la construcción. Tesis (Título profesional en Ingeniero Constructor). Valdivia: Universidad Austral de Chile, [fecha de consulta: 10 de junio de 2021]. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcd339r/doc/bmfcd339r.pdf>
- Ferreira, C. (2011). Reciclagem de pneus: análise do impacto da legislação ambiental através da logística reversa (Tesis Doctoral). Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo, Brasil.
- Fernando, J. (2018). Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral-San Juan de Lurigancho.
- García, X. (2019) “Mejoramiento de un suelo arcilloso de la localidad de Pacaisapa – Ayacucho utilizando residuos industriales para evaluarlo en muro hipotético de tierra estabilizado mecánicamente (MSEW),” (Tesis de Grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., y BAPTISTA, M. (2018). Metodología de la Investigación [en línea]. México: McGraw-Hill, [fecha de consulta: 14 de junio de 2021].  
Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>  
ISBN: 978-1-4562-2396-0
- Instituto de Ciencias y Construcción. (2019). Guía de aplicación DBHE. Recuperado de [https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia\\_aplicacion\\_DBHE2019.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia_aplicacion_DBHE2019.pdf)
- Lambe, W., Whitman, R., & Jiménez, J. (2004). Mecanica de Suelos. Mexima: Limusa. Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos. (21 de abril de 2000). Lima, Perú: Diario oficial de bicentenario El Peruano.

- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN por Humberto N. (2014) [et al.], [en línea]. Bogotá: [fecha de consulta: 14 de junio de 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=LzKbDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>  
ISBN: 978-958-762-188-4
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Manual de Ensayos de Materiales. Lima – Perú, 2016. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos. Lima – Perú, 2013. Disponible en: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)
- MOHEDAZ, M., y MORENO, A. (2015). Apertura y mantenimiento de vías forestales [en línea]. España: Ediciones paraninfo S.A., [fecha de consulta: 14 de junio de 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=SRINBQAAQBAJ&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=SRINBQAAQBAJ&hl=es&source=gbs_navlinks_s)  
ISBN: 9788428398626
- PELÁEZ, G., VELÁSQUEZ, S., y GIRALDO, D. (2017). Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. Ciencia e Ingeniería Neogranadina [en línea]. Vol. 27, [fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91150559002>
- RAMIREZ, N. (2019). Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco. Disponible en [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/ramirez\\_n/sources/ramirez\\_n.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/ramirez_n/sources/ramirez_n.pdf)



- Rivas, L. (2016). La definición de variables o categorías de análisis. Recuperado de [http://www.edumargen.org/docs/2018/curso43/unid02/complem05\\_02.pdf](http://www.edumargen.org/docs/2018/curso43/unid02/complem05_02.pdf)
  
- RUIZ, R Y GUEVARA, J. (2016). Análisis comparativo de áridos del sector el milagro estabilizado con asfalto de caucho reciclado y asfalto convencional para capas. Disponible en : [https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3564/1/REP\\_ING.CIVIL\\_JI\\_M.GUEVARA\\_ROBERTO.RUIZ\\_AN%C3%81LISIS.COMPARATIVO.%C3%81RIDOS.SECTOR.EL.MILAGRO.ESTABILIZADOS.ASFALTO.CAUCHO.RECICLADO.ASFALTO.CONVENCIONAL.CAPAS.BASES.pdf](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3564/1/REP_ING.CIVIL_JI_M.GUEVARA_ROBERTO.RUIZ_AN%C3%81LISIS.COMPARATIVO.%C3%81RIDOS.SECTOR.EL.MILAGRO.ESTABILIZADOS.ASFALTO.CAUCHO.RECICLADO.ASFALTO.CONVENCIONAL.CAPAS.BASES.pdf)
  
- Salas, O. (2011). Ensayos triaxiales para suelos. Ensayos triaxiales para suelos, 14 - 24. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales/article/view/8391>
  
- SANCHEZ, H. (2021). Mejoras mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho como parte del agregado fino para la ciudad de Piura. Disponible en: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4871/ICI\\_2104.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4871/ICI_2104.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  
- Shulman, V. L. (2004). Tyre Recycling. Reino Unido: Rapra. Disponible en: [https://www.likerecycling.com/productionline/view/line4.html?gclid=EAlaIQobChMIzLm\\_8ITJ9AIVloWRCh0OEq4NEAAYAiAAEqJUD\\_D\\_BwE](https://www.likerecycling.com/productionline/view/line4.html?gclid=EAlaIQobChMIzLm_8ITJ9AIVloWRCh0OEq4NEAAYAiAAEqJUD_D_BwE)
  
- SIERRA, G. (2012). Caucho conflicto y cultura en la amazonia Noroeste: Colombia, Ecuador y Perú en el Putumayo, Caquetá y Napo [en línea]. Revista credencial, N° 262, [fecha de consulta: 12 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-262/la-fiebre-del-caucho-en-colombia>
  
- SUBRAMANIAN, R y JEYAPRIYA, S. (2009). Study on effect of waste tyres in flexible pavement system. Indian Geotechnical Society [en línea]. [fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en [https://gndec.ac.in/~igs/ldh/conf/2009/articles/T04\\_05.pdf](https://gndec.ac.in/~igs/ldh/conf/2009/articles/T04_05.pdf)

- SWARNA, S y PALERU. (2014). Siddhartha. Stabilization of Subgrade soil of Highway pavement using waste tyre pieces. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology [en línea]. Vol. 4, [fecha de consulta: 02 de junio de 2021]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/281469406\\_Stabilization\\_of\\_Subgrade\\_soil\\_of\\_Highway\\_Pavement\\_using\\_Waste\\_Tyre\\_Pieces](https://www.researchgate.net/publication/281469406_Stabilization_of_Subgrade_soil_of_Highway_Pavement_using_Waste_Tyre_Pieces)  
ISSN: 2319 – 8753
  
- SIVAPRIYA, V. (2018). Stress-strain and penetration characteristics of clay modified with crumb rubber. Revista Facultad de Ingeniería, vol. 27, no 49, p. 65-75. 41.
  
- SIVAPRIYA, SIVAPRIYA, V (2019). GANESH-KUMAR, Shanmugam. Functional and cost-benefits of geosynthetics as subgrade reinforcement in the design of flexible pavement. Revista Facultad de Ingeniería, vol. 28, no 51, p. 39-49
  
- GANESH-KUMAR, Shanmugam. Functional and cost-benefits of geosynthetics as subgrade reinforcement in the design of flexible pavement. Revista Facultad de Ingeniería, 2019, vol. 28, no 51, p. 39-49.
  
- TEJELA, J. (2013). Neumáticos fuera de uso en carreteras. Revista interempresas [en línea]. [fecha de consulta: 4 de junio de 2021]. Disponible en <https://www.interempresas.net/Automocion/Articulos/109593-El-caucho-de-neumaticos-fuera-de-uso-en-carreteras.html>
  
- TERZAGHI, K y PECK, R. (1973). Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica [en línea]. 2.<sup>a</sup> ed. España: El Ateneo, 1973 [fecha de consulta: 02 de junio de 2021]. Disponible en: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI\\_208.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI_208.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
ISBN: 84-7021-020-3
  
- VEGA, D. (2016). Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico.

Disponible

en:


<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25264/1/Tesis%201113%20-%20Vega%20Zurita%20Danilo%20Sebasti%C3%A1n.pdf>

- VILA, R. (2019). Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/13840/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-317.pdf>
- Watabe, Y. (2016). Discussion of "settlement of the kansai international airport islands" by G. mesri and J. R. funk. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 142(6).

## **ANEXOS**

## Anexo 2: Resultado de Ensayos

### Anexo 2.1: Resultado del Análisis Granulométrico



**JJ GEOTECNIA SAC**  
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

Tel.: (01) 632-9183  
Cel.: 980703014 / 947280585  
Av. A. Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
informes@jjgeotecniasac.com

[www.jjgeotecniasac.com](http://www.jjgeotecniasac.com)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS		Código	FOR-LSR-MS-081
				Revisión	3
				Aprobado	CC-JJG
				Fecha	1/01/2021

**TESIS** : Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punchauca - Carabayllo , 2021  
**SOLICITANTE** : Franko Amaro Delgado /Jara Idme Yuliana  
**UBICACIÓN** : Lima  
**Calicata** : C-1 **Muestreado por:** WILL  
**Muestra** : M-1 **Ensayado por:** CJRT  
**Profundidad** : 1.50 m **Fecha de ensayo:** 3/11/2021

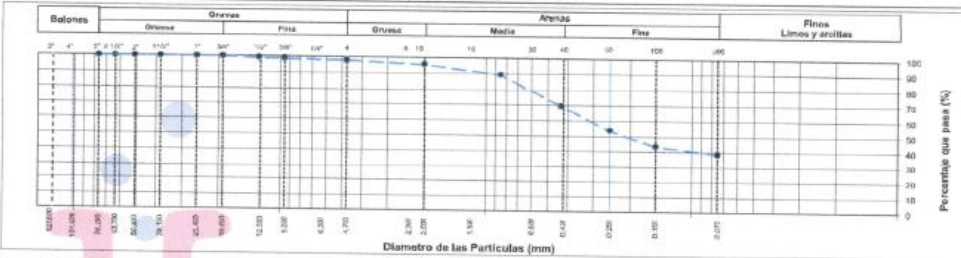
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b> Contenido Humedad (%) : 2.7  <b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b> Límite Líquido (LL) : 32 Límite Plástico (LP) : 23 Índice Plástico (IP) : 9  <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)</b> Grava (%) : 1.9    Arena (%) : 59.4    Finos (%) : 38.7  <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b> Clasificación SUCS (ASTM D2487) : SC Clasificación AASHTO (ASTM D3282) : A-4 (0)  Nombre del Grupo : Arena arcillosa
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	100.00		
3/4"	19.050	100.00		
1/2"	12.700	99.20		
3/8"	9.530	98.89		
Nº 4	4.750	98.12		
Nº 10	2.000	95.91		
Nº 20	0.850	89.27		
Nº 40	0.430	69.38		
Nº 60	0.250	53.72		
Nº 100	0.150	43.63		
Nº 200	0.075	38.68		

**DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA:** ASTM 2488    SC    Arena arcillosa

**INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:**




- El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a 110 ± 5 °C.
- El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5°C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a 4)

**CURVA GRANULOMETRICA**



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b> 	<b>Revisado por:</b> 	<b>Aprobado por:</b> 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

**INFORME DE ENSAYO  
CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

Código	FOR-LSR-MS-001
Revisión	3
Aprobado	CC-JJG
Fecha	1/01/2021

TESIS : *Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punchauca - Carabayllo, 2021*  
SOLICITANTE : *Franko Amaro Delgado/Jara Idme Yullana*  
UBICACIÓN : *Lima*  
Calicata : C-2  
Muestra : M-1  
Profundidad : 1.50 m

Muestreado por: WILL  
Ensayado por: CJRT  
Fecha de ensayo: 3/11/2021

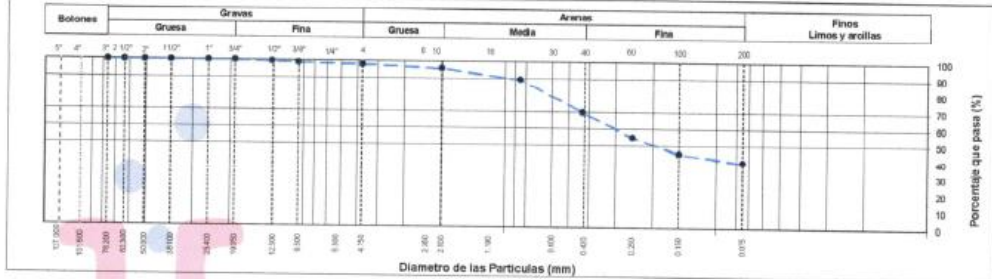
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b> Contenido Humedad (%) 2.4  <b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b> Límite Líquido (LL) N.P Límite Plástico (LP) N.P Índice Plástico (IP) N.P  <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)</b> Grava (%) 2.0    Arena (%) 57.9    Finos (%) 40.1  <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b> Clasificación SUCS (ASTM D2487) SM Clasificación AASHTO (ASTM D3282) A-4 (0)  <b>Nombre del Grupo</b> Arena limosa
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	100.00		
3/4"	19.050	100.00		
1/2"	12.700	99.33		
3/8"	9.530	98.78		
Nº 4	4.750	98.00		
Nº 10	2.000	95.87		
Nº 20	0.850	89.43		
Nº 40	0.430	69.97		
Nº 60	0.250	55.00		
Nº 100	0.150	45.10		
Nº 200	0.075	40.11		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: ASTM 2488    SM    Arena limosa

**INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:**


- El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a 110 ± 5 °C.
- El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5 °C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a
- 

**CURVA GRANULOMETRICA**



**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

**INFORME DE ENSAYO  
 CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

Código	FOR-LSR-MS-001
Revisión	3
Aprobado	CC-JJG
Fecha	1/01/2021

TESIS : *Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punchauca - Carabaylo , 2021*  
 SOLICITANTE : *Franko Amaro Delgado / Jara Idme Yuliana*  
 UBICACIÓN : *Lima*  
 Calicata : C-3  
 Muestra : M-1  
 Profundidad : 1.50 m

Muestreado por: WILL  
 Ensayado por: C./RT  
 Fecha de ensayo: 3/11/2021

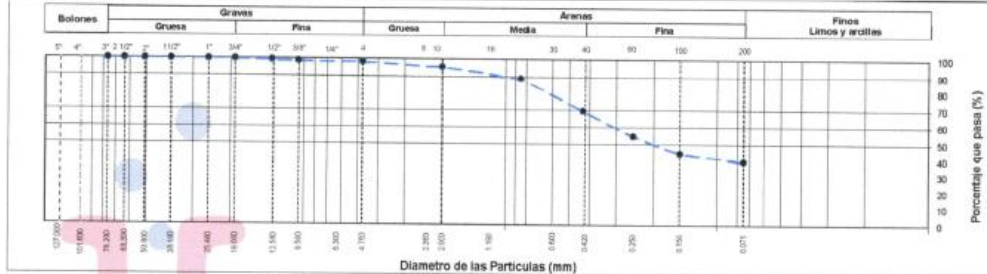
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200	100.00	/	/			
2 1/2"	63.500	100.00					
2"	50.800	100.00			<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>		
1 1/2"	38.100	100.00			Contenido Humedad (%) 2.1		
1"	25.400	100.00			<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>		
3/4"	19.050	100.00			Límite Líquido (LL) N.P		
1/2"	12.700	99.45			Límite Plástico (LP) N.P		
3/8"	9.530	98.78			Índice Plástico (IP) N.P		
N° 4	4.750	98.19			<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)</b>		
N° 10	2.000	95.31			Grava (%) 1.8		
N° 20	0.850	88.72			Arena (%) 58.7		
N° 40	0.430	69.48			Finos (%) 39.5		
N° 60	0.250	54.62			<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
N° 100	0.150	44.53			Clasificación SUCS (ASTM D2487) SM		
N° 200	0.075	39.50			Clasificación AASHTO (ASTM D3282) A-4 (0)		
					<b>Nombre del Grupo</b>		
					Arena limosa		

DESCRIPCION VISUAL DE LA MUESTRA: SM Arena limosa  
 ASTM 2486

**INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:**

- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a 110 ± 5 °C.
- 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5°C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- 3) El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a
- 4)

**CURVA GRANULOMETRICA**



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

## Anexo 2.2: Resultado de Ensayo Limites de Consistencia



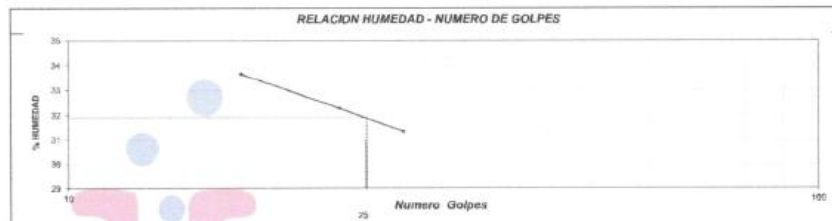
Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980793014 / 947280585  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJC
		Fecha	1/01/2021
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> AsTM D4218 / MTC E - 110 / MTC E - 111			
REFERENCIA	: Resultados de Laboratorio		
SOLICITANTE	: Franklin Amaro Delgado / Lara Idme Yuliana		
TESIS	: Subrasante mejorada empleando caucho granular en la AV. Puntacaca - Conchayillo, 2021		
UBICACIÓN	: Lima		
CANTERA	: C-1		
MUESTRA	: M-1		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		
		Fecha de ensayo: 03/11/2021	

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Nro. de Recipiente		1	2	3	1	2	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	38,58	37,59	38,56	34,38	32,73	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	35,80	34,88	35,17	32,92	31,40	
Peso de Recipiente (C)	gr.	26,75	25,70	24,35	26,67	25,43	
Peso del Agua (A-B)	gr.	2,98	2,90	3,39	1,44	1,33	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	8,85	8,90	10,82	6,25	5,97	
Contenido Humedad (W=(A-B)/(B-C)*100	%	33,67	32,26	31,33	23,04	22,28	
N° De Golpes		17	23	28			

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	
	31.9	22.7	9.2



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA



## Anexo 2.3: Resultado de Ensayo de Compactación del Proctor Modificado



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 947280585  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JUG
		Fecha	1/01/2021

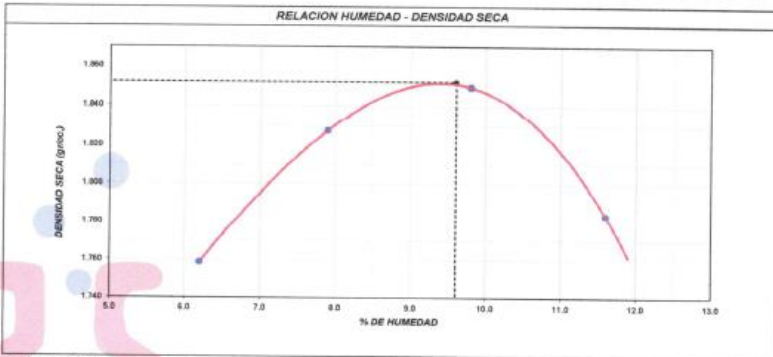
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1557 / MTC E - 115

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Franko Amaro Delgado /Jara Iñme Yuliana		
<b>TESIS</b>	: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punchauca - Carabayito, 2021		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima		
<b>CALICATA</b>	: C-1	<b>Fecha de ensayo:</b>	12/10/2021
<b>MUESTRA</b>	: PATRON		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m		

Volumen Molde	2118	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	8513	gr

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,465	10,666	10,810	10,724	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,952	4,173	4,297	4,211	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,868	1,972	2,031	1,990	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	605.9	624.5	631.7	613.8	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	570.5	578.6	575.3	550.0	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	35.4	45.7	56.4	63.8	
Peso del suelo seco	gr.	571	579	575	550	
Contenido de agua	%	6.2	7.9	9.6	11.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.759	1.828	1.849	1.763	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.852	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	9.6	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

# Anexo 2.4: Resultado de Ensayo de CBR



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 947280585  
 Av. A. Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1983 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	Detos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	Franko Amaro Delgado /Iara Idme Yuliana		
<b>TESIS</b>	Subsuelo Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Puntchauc - Carabayillo , 2021		
<b>UBICACIÓN</b>	Lima		
<b>CALICATA</b>	C-1	Fecha de ensayo : 16/10/2021	
<b>MUESTRA</b>	PATRON		
<b>PROFUNDIDAD</b>	1.50 m		

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde Nº	4		10		11	
Número de capas	5		5		3	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12.183		12.487		12.353	
Peso molde (gr.)	7.873		8.338		8.507	
Peso suelo compactado (gr.)	4.310		4.151		3.848	
Volumen del molde (cm³)	2.118		2.135		2.135	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.035		1.944		1.801	
Humedad (%)	9.5		9.8		9.5	
Densidad Seca (gr./cm³)	1.858		1.774		1.649	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	564.8	561.4	573.2
Tara+suelo seco (gr.)	515.8	530.5	523.5
Peso de agua (gr.)	49.0	50.9	49.7
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	515.8	530.5	523.5
Humedad (%)	9.5	9.8	9.5

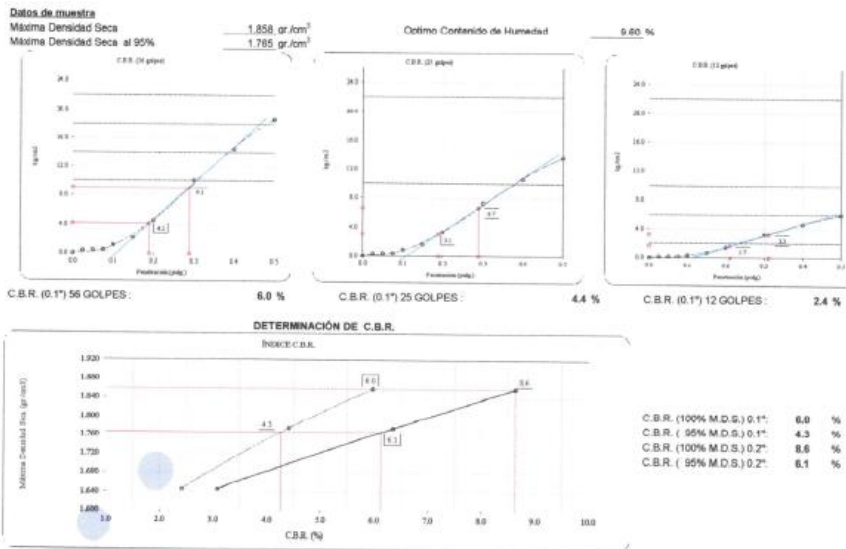
EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

PENETRACIÓN													
Penetración (sig.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde Nº 4				Molde Nº 10				Molde Nº 11			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		8	0.4			6	0.3			2	0.1		
0.050		9	0.4			6	0.3			3	0.1		
0.075		10	0.5			7	0.4			3	0.2		
0.100	70.307	23	1.2	4.2	6.0	17	0.8	3.1	4.4	7	0.4	1.7	2.4
0.150		43	2.2			31	1.6			14	0.7		
0.200	105.480	90	4.8	9.1	8.6	65	3.3	6.7	6.4	29	1.5	3.3	3.1
0.300		198	10.1			145	7.3			63	3.2		
0.400		266	14.5			206	10.6			91	4.6		
0.500		367	18.7			266	13.6			118	6.0		

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Franko Amaro Delgado /Iara Irma Villana		
TESIS	: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punaucua - Carabayillo, 2021		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo :	16/10/2021
MUESTRA	: PATRON		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		



**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

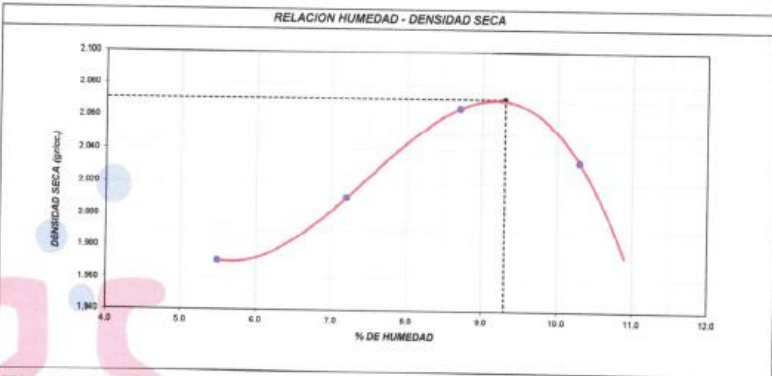
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1557 / MTC E - 115

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio	
<b>SOLICITANTE</b>	: Franko Amaro Delgado / Jara Idne Yuliana	
<b>TESIS</b>	: Subversante Mejorada Aplicando Osohuo Chiriquier en la AV. Panchaica - Carabayillo, 2021	
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima	
<b>CALICATA</b>	: C-1	<b>Fecha de ensayo:</b> 12/10/2021
<b>MUESTRA</b>	: 3% CAUCHO	
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m	


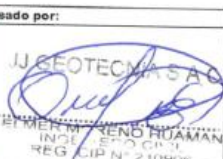

Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	8513	gr

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,912	11,074	11,283	11,258	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,399	4,561	4,750	4,745	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,079	2,155	2,245	2,242	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	801.3	825.0	764.0	724.6	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	759.6	799.6	702.9	656.9	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	41.7	55.4	61.1	67.7	
Peso del suelo seco	gr.	700	770	703	657	
Contenido de agua	%	5.5	7.2	8.7	10.3	
Densidad Seca	gr/cc	1.071	2.011	2.065	2.033	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	2.071	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	9.3	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	1/01/2021
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132			
<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio <b>SOLICITANTE</b> : Franko Amaro Delgado / Jara Idme Yuliana <b>TESIS</b> : Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Puncbauca - Carabayillo, 2021 avenida Puncbauca - Carabayillo <b>UBICACIÓN</b> : Lima <b>CALICATA</b> : C-1 <span style="float: right;">Fecha de ensayo : 16/10/2021</span> <b>MUESTRA</b> : 3% CAUCHO <b>PROFUNDIDAD</b> : 1.50 m			

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde Nº	1		A		B	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	50		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,685		13,111		13,135	
Peso molde (gr.)	7,885		8,545		8,935	
Peso suelo compactado (gr.)	4,610		4,566		4,200	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,133		2,116		2,115	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2,255		2,158		1,986	
Humedad (%)	9.2		9.3		9.3	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	2,095		1,974		1,817	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara+suelo húmedo (gr.)	567.8		612.1		602.4	
Tara+suelo seco (gr.)	519.8		560.0		551.1	
Peso de agua (gr.)	47.8		52.1		51.3	
Peso de tara (gr.)						
Peso de suelo seco (gr.)	519.8		560.0		551.1	
Humedad (%)	9.2		9.3		9.3	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo hr	Día	Expansión		Día	Expansión		Día	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

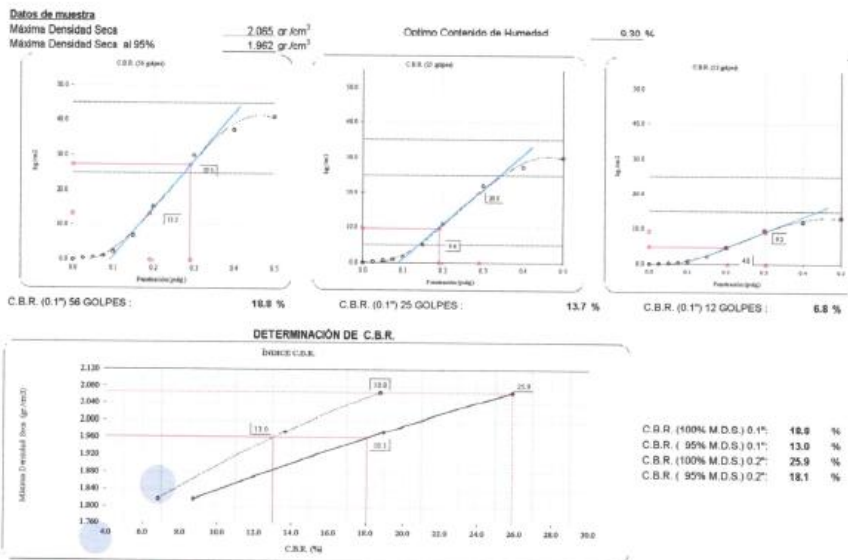
PENETRACIÓN													
Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde Nº 1				A				B			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		8	0.4			6	0.3			3	0.1		
0.050		15	0.7			11	0.5			5	0.2		
0.075		24	1.2			18	0.9			8	0.4		
0.100	70.307	47	2.4	13.2	18.8	34	1.7	9.6	13.7	15	0.8	4.8	6.8
0.150		137	6.0			100	5.1			44	2.2		
0.200	105.490	297	15.1	27.3	26.9	217	11.0	20.9	19.0	85	4.5	9.2	8.7
0.300		592	30.0			432	21.9			180	9.6		
0.400		735	37.3			537	27.3			235	11.9		
0.500		808	41.0			590	30.0			259	13.1		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	10/10/2021
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MYC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Franko Amaro Delgado / Jara Irma Yuliana		
TESIS	: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. PUNCHAUCA - Carabayllo, 2021		
UBICACION	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo :	16/10/2021
MUESTRA	: 3% CAUCHO		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

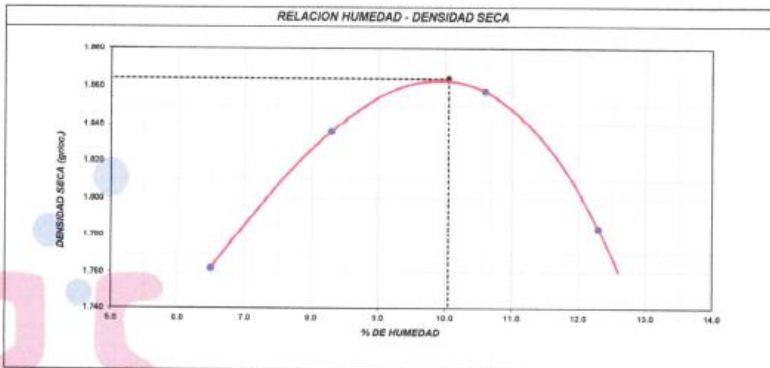
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1557 / MTC E - 115

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Franko Amaro Delgado / Jera Idme Yullana
<b>TESIS</b>	: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Puncbauca - Carsabaylo, 2021
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>CALICATA</b>	: C-1
<b>MUESTRA</b>	: 6% de Caucho
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m
Fecha de ensayo: 12/10/2021	

Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6513	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,484	10,721	10,860	10,752	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,971	4,208	4,347	4,239	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,877	1,889	2,054	2,003	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	624.3	664.2	647.6	678.3	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	586.2	631.6	585.5	604.0	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	38.1	52.4	62.1	74.3	
Peso del suelo seco	gr.	586	632	586	604	
Contenido de agua	%	6.5	8.3	10.6	12.3	
Densidad Seca	gr/cc	1.762	1.836	1.857	1.784	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.864	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Óptima:</b>	10.1	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	------	---



**OBSERVACIONES:**  
\* Muestra provista e identificada por el solicitante  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	11/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Franko Amaro Delgado /Iara Idme Yuliana		
<b>TESIS</b>	: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punchauca - Carabayillo , 2021		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima		
<b>CALICATA</b>	: C-1	<b>Fecha de ensayo :</b>	16/10/2021
<b>MUESTRA</b>	: 6% de Caucho		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.00 m		

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	3		E		F	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,226		12,347		11,949	
Peso molde (gr.)	7,987		8,170		8,089	
Peso suelo compactado (gr.)	4,359		4,177		3,860	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	5,120		2,123		2,119	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2,056		1,987		1,822	
Humedad (%)	9.9		10.1		10.0	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.871		1.787		1.688	


CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	536.9	535.6	543.2
Tara+suelo seco (gr.)	486.5	486.5	493.9
Peso de agua (gr.)	48.4	49.1	49.4
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	488.5	488.5	493.9
Humedad (%)	9.9	10.1	10.0

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

PENETRACIÓN												
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	Molde N° 3				E				F		
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección
		kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>
0.025	8	0.4				8	0.3			3	0.1	
0.050		12	0.6			8	0.4			4	0.2	
0.075		30	1.5			22	1.1			10	0.5	
0.100	70.307	120	6.1	14.8	21.1	66	4.4	10.9	15.5	30	1.9	5.0
0.150		298	11.0			172	6.7			75	3.5	
0.200	105.460	458	23.3	29.6	28.1	334	17.0	21.7	20.6	147	7.4	9.6
0.300		721	36.6			527	26.7			231	11.7	
0.400		798	40.5			583	29.6			255	13.0	
0.500		879	44.7			642	32.6			281	14.3	

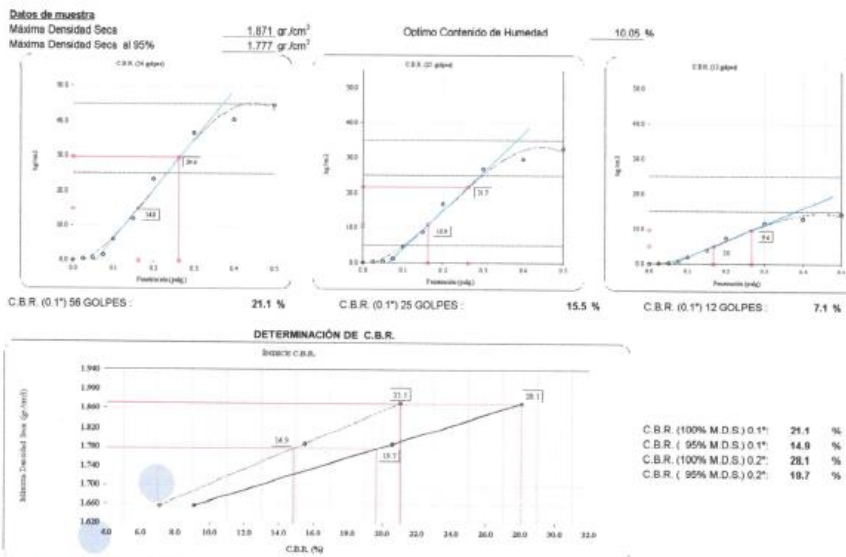
**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	--



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Franko Amaro Delgado / Lara Irma Yuliana		
TESIS	: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punchauca - Carabayito, 2021		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo :	16/10/2021
MUESTRA	: 0% de Caucho		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		



**OBSERVACIONES:**  
\* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

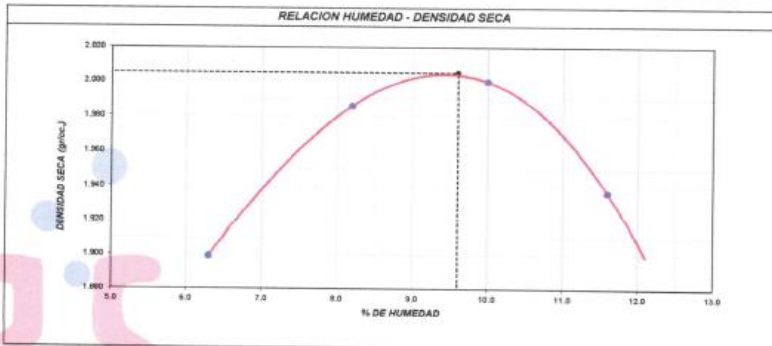
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1557 / MTC E - 115

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Franko Amaro Delgado / Jara Idme Yuliana		
<b>TESIS</b>	: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punaucua - Carabaylo . 2021		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima		
<b>CALICATA</b>	: C-1	<b>Fecha de ensayo:</b>	12/10/2021
<b>MUESTRA</b>	: 9% de Caucho		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m		




Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6513	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,785	11,080	11,168	11,086	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,272	4,547	4,655	4,573	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,019	2,149	2,200	2,161	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	645.3	671.3	621.3	608.2	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	607.1	620.4	564.6	625.6	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	38.2	50.9	56.5	72.6	
Peso del suelo seco	gr.	607	620	565	626	
Contenido de agua	%	6.3	8.2	10.0	11.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.899	1.986	2.000	1.937	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	2.005	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	9.6	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	1/01/2021
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA SOLICITANTE	Datos de laboratorio Franko Amaro Delgado /Iara Idme Yuliana		
TESIS	Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punchuaica - Carabayillo, 2021		
UBICACIÓN	Lima		
CALICATA	C-1	Fecha de ensayo :	16/10/2021
MUESTRA	9% de Caucho		
PROFUNDIDAD	1.00 m		

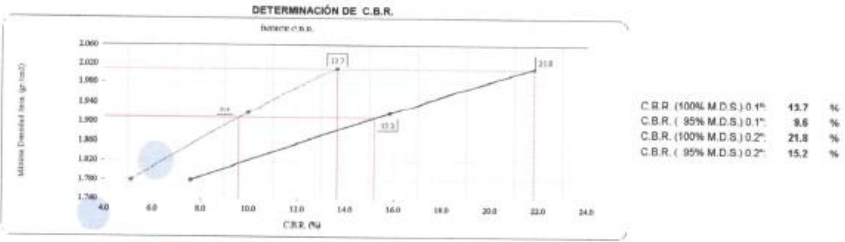
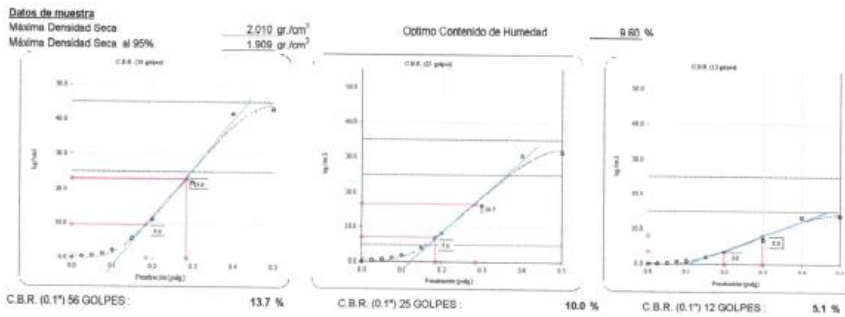
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde Nº	2	C	D										
Número de capas	5	5	5										
Número de golpes	56	25	12										
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	12,448		13,077		12,406								
Peso molde (gr.)	7,804		8,848		8,251								
Peso suelo compactado (gr.)	4,944		4,429		4,155								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,110		2,106		2,131								
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2,301		2,101		1,950								
Humedad (%)	9.5		9.5		9.6								
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	2,010		1,919		1,779								
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+suelo húmedo (gr.)	564.2		543.2		551.7								
Tara+suelo seco (gr.)	515.3		496.1		503.4								
Peso de agua (gr.)	48.9		47.1		48.3								
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	515.3		496.1		503.4								
Humedad (%)	9.5		9.5		9.6								
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo hr	Dial		Dial		Difer	Expansión					
			mm	%	mm	%		mm	%				
<b>NO EXPANSIVO</b>													
PENETRACIÓN													
Penetración (milg)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	Molde Nº 2				C				D			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		9	0.4			8	0.3			3	0.1		
0.050		17	0.8			12	0.6			5	0.3		
0.075		28	1.4			21	1.0			9	0.5		
0.100	76.307	48	2.5	9.6	13.7	35	1.8	7.0	16.0	15	0.8	3.6	5.1
0.150		112	6.7			82	4.2			30	1.8		
0.200	105.460	219	11.1	23.0	21.8	160	8.1	16.7	15.8	70	3.8	8.0	7.6
0.300		434	22.0			317	16.1			139	7.1		
0.400		821	41.7			590	30.4			203	13.3		
0.500		847	43.0			619	31.4			271	13.8		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	10/01/2021
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132			
<b>REFERENCIA</b>		: Datos de laboratorio	
<b>SOLICITANTE</b>		: Franko Amaro Delgado / Iara Irmé Yuliana	
<b>TESIS</b>		: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Puncancau - Carabayillo, 2021	
<b>UBICACIÓN</b>		: Lima	
<b>CALICATA</b>		: C-1	
<b>MUESTRA</b>		: 0% de Caucho	
<b>PROFUNDIDAD</b>		: 1.50 m	
		Fecha de ensayo : 16/10/2021	



**OBSERVACIONES:**  
\* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad JJ GEOTECNIA
---	---	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAD-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

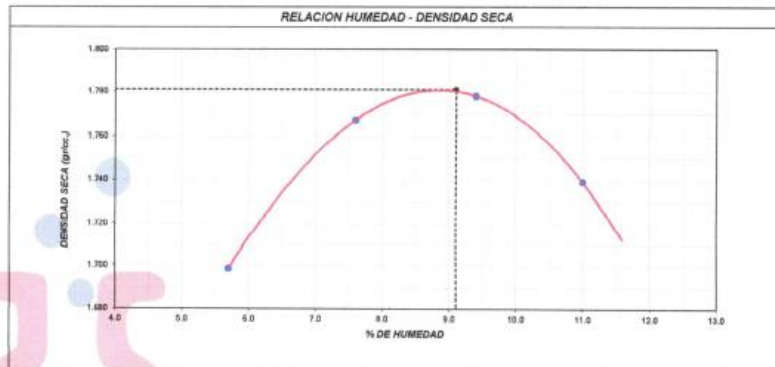
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1557 / MTC E - 115

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Franko Amaro Delgado / Jara Idme Yuliana		
<b>TESIS</b>	: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punaucua - Carabaylo, 2021		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima		
<b>CALICATA</b>	: C-1	<b>Fecha de ensayo:</b>	12/10/2021
<b>MUESTRA</b>	: 12% de Caucho		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m		

Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6513	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,312	10,537	10,829	10,568	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,769	4,024	4,116	4,085	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,795	1,902	1,945	1,931	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	695.8	644.0	680.6	678.4	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	601.5	599.3	622.1	611.2	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	34.3	45.8	58.5	67.2	
Peso del suelo seco	gr.	602	599	622	611	
Contenido de agua	%	5.7	7.6	9.4	11.0	
Densidad Seca	gr/cc	1.899	1.767	1.778	1.739	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.781	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Óptima:</b>	9.1	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---



**OBSERVACIONES:**  
\* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
  <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>JJ GEOTECNIA SAC</b> <b>MERMO MORENO HUAMAN</b> <b>INGENIERO CIVIL</b> <b>REG. CIP N° 71090P</b> <b>Ingeniero de Obras y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad JJ GEOTECNIA</b>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Franko Amaro Delgado / Jara Idme Yuliana		
<b>TESIS</b>	: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punchauca - Carabayito, 2021		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima		
<b>CALCATA</b>	: C-1	<b>Fecha de ensayo</b>	: 16/10/2021
<b>MUESTRA</b>	: 12% de Caucho		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m		

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	5		12		13	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,894		12,491		12,284	
Peso molde (gr.)	7,777		8,510		8,807	
Peso suelo compactado (gr.)	4,117		3,981		3,687	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,112		2,140		2,137	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	1,949		1,860		1,725	
Humedad (%)	9.2		9.1		9.2	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1,785		1,705		1,680	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	542.7	534.1	546.8
Tara+suelo seco (gr.)	497.0	489.8	500.7
Peso de agua (gr.)	45.7	44.3	46.1
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	497.0	489.8	500.7
Humedad (%)	9.2	9.1	9.2

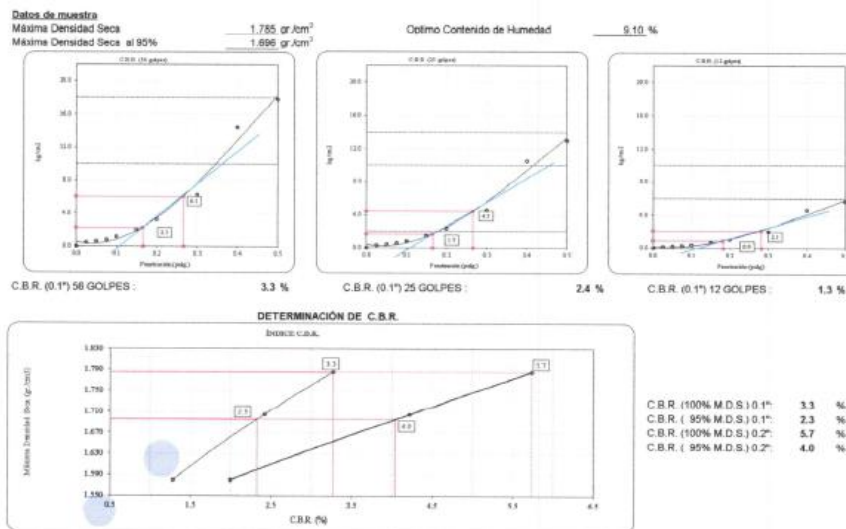
EXPANSIÓN										
Fecha	Hora	Tiempo hr	Expansión		Expansión		Expansión		Expansión	
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm
<b>NO EXPANSIVO</b>										

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	Molde N° 5						Molde N° 12				Molde N° 13				
		Carga		Corrección		CBR %		Carga		Corrección		Carga		Corrección		
		kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	
0.025		8	0.4				6	0.3			3	0.1				
0.050		12	0.6				9	0.4			4	0.2				
0.075		15	0.8				11	0.6			5	0.2				
0.100	<b>70.307</b>	22	1.1	2.3	3.3		16	0.8	1.7	2.4	7	0.4	0.9	1.3		
0.150		40	2.0				29	1.5			13	0.7				
0.200	<b>105.480</b>	63	3.2	6.1	5.7		46	2.4	4.6	4.2	20	1.0	2.1	2.0		
0.300		123	6.2				90	4.6			39	2.0				
0.400		284	14.4				207	10.5			91	4.6				
0.600		350	17.6				258	13.0			112	5.7				

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132			
<b>REFERENCIA</b>		: Datos de laboratorio	
<b>SOLICITANTE</b>		: Franko Amaro Delgado / Jara Irtme Yuliana	
<b>TESIS</b>		: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en la AV. Punchauca - Carabayillo, 2021	
<b>UBICACIÓN</b>		: Lima	
<b>CALICATA</b>		: C-7	<b>Fecha de ensayo :</b> 10/10/2021
<b>MUESTRA</b>		: 12% de Caucho	
<b>PROFUNDIDAD</b>		: 1.50 m	



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad JJ GEOTECNIA</b>

## Anexo 3: Certificado de Calibración de los Equipos

	<b>SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b> NTP ISO / IEC 17025:2017		
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACION</b> <b>TC - 07121 - 2021</b>			
PROFORMA : 2506A	Fecha de emisión : 2021-05-07		
<b>SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.</b> Dirección : CAL LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES			
<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA</b> Tipo : ELECTRÓNICA Marca : SARTORIUS Modelo : LC22016 N° de Serie : 50310007 Capacidad Máxima : 2200 g Resolución : 0.01 g División de Verificación : 0.01 g Clase de Exactitud : I Capacidad Mínima : 1 g Procedencia : ALEMANIA N° de Parte : No indica Identificación : No indica Ubicación : LABORATORIO Variación de ΔT Local : 3 °C Fecha de Calibración : 2021-04-26	TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.  TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.  Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.  Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.		
<b>LUGAR DE CALIBRACIÓN</b> Instalaciones de JJ GEOTECNIA S.A.C.			
<b>MÉTODO DE CALIBRACIÓN</b> La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrón según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.			
TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento. El presente documento carece de valor sin firma y sello.			
	 <b>Lic. Nicolás Ramos Paucar</b> Gerente Técnico CFP: 8216		
PCC-16-r08/ Diciembre 2019/Rev.04	Página : 1 de 3		
	 P. Condesa de Leños N°117 San Miguel, Lima	 (01) 262 9530	 informes@testcontrol.com.pe
	 (01) 888 901 000	 www.testcontrol.com.pe	



**TRAZABILIDAD**

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud E2	LM-C-143-2020 Julio 2020
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-178-2020 Agosto 2020

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

**INSPECCION VISUAL**

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,6 °C	23,0 °C
Humedad Relativa	74 %	73 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 100,000	1 100,00	7	-2	1	2 200,000	2 199,99	2	-7
2		1 100,00	8	-3	2		2 199,99	4	-9
3		1 099,99	2	-7	3		2 200,00	7	-2
4		1 100,00	7	-2	4		2 199,99	2	-7
5		1 100,00	8	-3	5		2 200,00	8	-3
6		1 100,00	9	-4	6		2 200,00	9	-4
7		1 100,00	8	-3	7		2 199,99	2	-7
8		1 099,99	3	-8	8		2 200,00	7	-2
9		1 100,00	8	-3	9		2 199,99	3	-8
10		1 099,99	2	-7	10		2 199,99	2	-7
Emáx - Emin   (mg)				6	Emáx - Emin   (mg)				7
error máximo permitido (±mg)				20	error máximo permitido (±mg)				30

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**TC - 06446 - 2021**

Prototipo : 2506A

Fecha de emisión : 2021-05-06

Página : 1 de 2

**SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.**

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BUFLA**  
Marca : YF  
Modelo : No indica  
N° de Serie : 201251  
Intervalo de indicación : 0 °C a 1300 °C  
Resolución : 1 °C  
Fecha de Calibración : 2021-04-26  
Ubicación : LABORATORIO

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Instalaciones de JJ GEOTECNIA S.A.C.

**PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó por comparación directa usando un patrón de temperatura calibrado.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	23,0 °C	22,9 °C
HUMEDAD RELATIVA	67,0 %hr	67,0 %hr

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.  
El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico.  
CFP: 0216



**TRAZABILIDAD**

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Medio Isotermo Termohigrómetro 2 Termómetros digitales LO JUSTO S.A.C	Termómetro Digital -200 °C a 1 200 °C	TE-1075-2020

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO ( °C )	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA ( °C )	CORRECCIÓN ( °C )	INCERTIDUMBRE ( °C )
1000.0	1002.9	2.9	0.6

Temperatura Convencionalmente Verdadera = Indicación del Termómetro + Corrección

**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

**INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

**FIN DEL DOCUMENTO**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**TC-06445-2021**

PROFORMA : 2506A

Fecha de emisión : 2021 - 05 - 08

Página : 1 de 2

**SOLICITANTE :** JJ GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 204 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :** PRENSA CBR

Marca : NO INDICA  
Modelo : 315-308  
N° Serie : HW0198  
Intervalo de indicación : 5000 kg  
Resolución : 0,1 kg  
Procedencia : No indica  
Ubicación : Laboratorio  
Fecha de Calibración : 2021 - 04 - 28

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

**METODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó por comparación indirecta utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de unidades.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	23,0 °C	23,2 °C
HUMEDAD RELATIVA	69,0%	70,0%

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

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



**Lic. Nicolás Ramos Paucar**  
**Gerente Técnico**  
**C.F.P. N° 0316**



Certificado : TC-06445-2021

Página : 2 de 2

**TRAZABILIDAD**

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducera	Celda de Carga ANYLOAD 30000 Kg	TC-0593-2021

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

Indicación del Equipo ( kg )	Lectura Convencionalmente Verdadera ( kg )	Error ( kg )	Incertidumbre ( kg )
500,0	487,0	-13,0	0,1
1000,0	975,0	-25,0	0,1
1500,0	1438,5	-63,5	0,1
2000,0	1944,0	-56,0	0,1
2500,0	2463,0	-37,0	0,1
3000,0	2964,5	-35,5	0,1
3500,0	3464,5	-35,5	0,1
4000,0	3944,0	-56,0	0,1
4500,0	4434,5	-65,5	0,1
5000,0	4945,3	-54,7	0,1

**OBSERVACIONES.**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

**INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

**FIN DEL DOCUMENTO**

## Anexo 3.1: Certificado de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad

<h1>Certificado</h1>	 <b>INACAL</b> Instituto Nacional de Calidad Acreditación
	<p>La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, <b>OTORGA</b> el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:</p> <h2>TEST &amp; CONTROL S.A.C.</h2> <p><b>Laboratorio de Calibración</b></p> <p>En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemós N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima</p> <p>Con base en la norma</p> <p><b>NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración</b></p> <p>Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-05P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.</p> <p>Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019 Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023</p> <p></p> <p><b>ESTELA CONTRERAS JUGO</b> Directora, Dirección de Acreditación - INACAL</p> <p>Cédula N° : 230-2019-INACAL/DA Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA Registro N° : LC-016</p> <p>Fecha de emisión: 05 de junio de 2019</p> <p><small>El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web <a href="http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados">www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados</a> al momento de hacer uso del presente certificado.</small></p> <p><small>La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MRA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).</small></p> <p>DA-acr-01P-02M Ver. 02</p>

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Métodos	Técnicas	Instrumentos
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿De qué manera la aplicación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo-2021?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p><b>PE.1.</b> ¿De qué manera la dosificación del caucho granular en suelos cohesivos influye en el Proctor modificado de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo- 2021?</p> <p><b>PE.2</b> ¿De qué manera la dosificación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la resistencia de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo-2021?</p> <p><b>PE.3</b> ¿De qué manera el tamaño del caucho granular en suelos cohesivos influye en el Proctor modificado de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo-2021?</p> <p><b>PE.4</b> ¿De qué manera el tamaño del caucho granular en suelos cohesivos mejora la resistencia de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo- 2021?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Determinar de qué manera la aplicación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo-2021.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p><b>OE.1</b> Determinar como la dosificación del caucho granular en suelos cohesivos influye en el Proctor modificado de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo- 2021.</p> <p><b>OE.2</b> Determinar como la dosificación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la resistencia de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo- 2021.</p> <p><b>OE.3</b> Determinar como el tamaño del caucho granular en suelos cohesivos influye en el Proctor modificado de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo- 2021.</p> <p><b>OE.4</b> Determinar como el tamaño del caucho granular en suelos cohesivos mejora la resistencia de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo- 2021.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La aplicación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo-2021.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <p><b>HE.1</b> La dosificación del caucho granular en suelos cohesivos influye en el Proctor modificado de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo- 2021</p> <p><b>HE.2</b> La dosificación del caucho granular en suelos cohesivos mejora la resistencia de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo- 2021.</p> <p><b>HE.3</b> El tamaño del caucho granular en suelos cohesivos influye en el Proctor modificado de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo- 2021.</p> <p><b>HE.4</b> El tamaño del caucho granular en suelos cohesivos mejora la resistencia de la Subrasante en la Av. Punchauca-Carabaylo- 2021.</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Caucho Granular</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Subrasante</p>	<p>Dosificación</p> <p>Tamaño</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>Proctor modificado</p> <p>Resistencia</p>	<p>Adición en porcentaje (0, 3, 6, 9, 12)</p> <p>%pasante del tamiz N°4 y retenido tamiz N° 10 2.00 a 5.00 mm</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>Contenido Optimo de humedad (%)</p> <p>Máxima densidad seca (gr/cm3)</p> <p>Resistencia a la penetración (CBR <math>\geq</math>6% a <math>\geq</math>10%)</p> <p>Contenido Optimo de humedad (%)</p> <p>Máxima densidad seca (gr/cm3)</p>	<p>Enfoque: Cuantitativa</p> <p>Tipo de Investigación: Aplicativa – alcance explicativo</p> <p>Diseño de la Investigación: Cuasiexperimental</p> <p>Población de Estudio: AV. Punchauca del distrito de Carabaylo con una longitud de 3 km.</p> <p>Muestra: Kilómetro y medio que comprende del km +500 al km 3 de la de la AV. Punchauca en el distrito de Carabaylo.</p>	<p>La observación</p>	<p>fichas técnicas para llevar un registro del resultado que se puedan obtener en cada ensayo, se usará programa como Microsoft Excel, Word y fotografía.</p>

**Anexo 4: Matriz de consistencia**

### Anexo 5: Matriz de Operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONALIZACIÓN	INDICADORES	ESCALA
<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Caucho Granular</p>	<p>El caucho granular es obtenido mediante la trituración mecánica y que puede ser utilizado para contribuir con problemas del medio ambiente en base a su reciclado.</p> <p>Puede ser utilizado por sus características en suelos de baja resistencia a la penetración (Mohammed 2018).</p>	<p>El material será tomado y usado mediante el proceso de tamizado para determinar el tamaño que se requiere utilizar en base a su densidad y cantidad</p>	<p>-Adición en porcentaje (2, 4, 6, 8))</p> <p>-Granulometría</p> <p>-2.50 mm</p>	<p>A Razón</p>
<p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Subrasante</p>	<p>La sub rasante se compone por suelos clasificados y / o propiedades permitidas seleccionadas para mantener estables las carreteras pavimentadas y así no serán afectadas por la carga del tráfico (MTC, 2018).</p>	<p>La subrasante será medida para determinar los parámetros físicos y mecánicos del suelo para determinar ciertos criterios en el laboratorio.</p> <p>Se medirá el suelo sin manipular y modificado empleando caucho granulado mediante el ensayo de CBR siguiendo los parámetros que nos establece la norma ASTM-D 1883.</p>	<p>-límite líquido (%)</p> <p>límite plástico (%)</p> <p>-Contenido de humedad óptimo (%)</p> <p>-Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>)</p> <p>-Resistencia a la penetración. (%)</p> <p>CBR&gt;6%</p>	



## ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO

**Descripción:** Puntos de investigación / Calicatas 1.50 m de profundidad

**Proyecto de Investigación:** Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en Suelos Cohesivos de la AV. Punchauca – Carabayllo, 2021

<b>Figura Nº</b>	<b>22</b>	<b>Extracción de Calicata C-1</b>	<b>Figura Nº</b>	<b>23</b>	<b>Extracción de Calicata C-2</b>	<b>Figura Nº</b>	<b>24</b>	<b>Extracción de Calicata C-3</b>
------------------	-----------	---------------------------------------	------------------	-----------	---------------------------------------	------------------	-----------	---------------------------------------

### Descripción

Extracción del material de la zona de estudio AV. Punchauca – Carabayllo, 2021.



### Descripción

Extracción del material de la zona de estudio AV. Punchauca – Carabayllo, 2021.



### Descripción

Extracción del material de la zona de estudio AV. Punchauca – Carabayllo, 2021.



**PANEL FOTOGRÁFICO descripción:** Zona donde se compró el Caucho Granular

**Proyecto de Investigación:** Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en Suelos Cohesivos de la AV. Punchauca – Carabayllo, 2021

Figura N°	25	Lugar donde se consiguió el caucho Granular	Figura N°	26	Tamizado del caucho	Figura N°	27	Peso del caucho granular
-----------	----	---	-----------	----	---------------------	-----------	----	--------------------------

**Descripción**

Adquisición del caucho granular en los Huertos de Pachacamac – Pachacamac, Sector “El Pedregal”, Calle los Huérfanos Mz. B-15, Lt.3A



**Descripción**

Se realizó un tamizado con ayuda de la malla N°4 y N°10 se obtuvo el tamaño adecuado del caucho granular de 50 mm como se muestra en la Figura.



**Descripción**

Se realizó el peso respectivo del caucho granular en la balanza para tener las dosificaciones que se requiere.



**PANEL FOTOGRÁFICO**

**Descripción:** Ensayo Clasificación de Suelos / Granulometría

**Proyecto de Investigación:** Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en Suelos Cohesivos de la AV. Punchauca – Carabayllo, 2021

Figura Nº	28	Granulometría	Figura Nº	28	Granulometría	Figura Nº	28	Granulometría
-----------	----	---------------	-----------	----	---------------	-----------	----	---------------

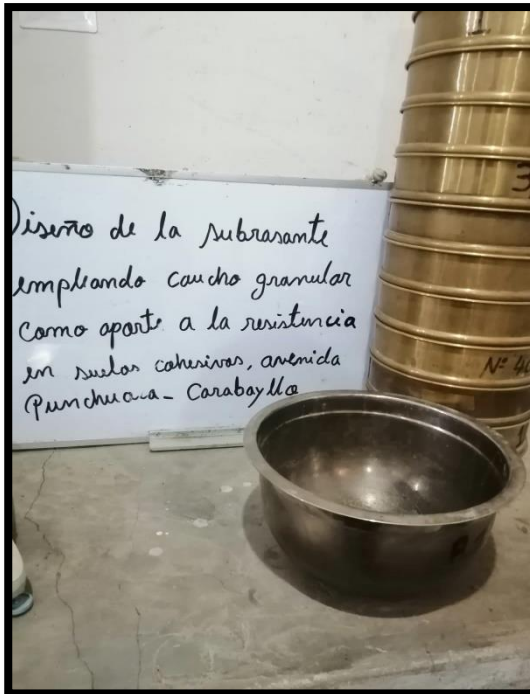
### Descripción

Se realizó la clasificación de suelos de las partículas de las muestras obtenidas.



### Descripción

Se realizó la clasificación de suelos de las partículas de las muestras obtenidas.



### Descripción

Secado de las partículas de suelo



## PANEL FOTOGRÁFICO

**Descripción:** Ensayo Compactación Proctor Modificado

**Proyecto de Investigación:** Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en Suelos Cohesivos de la AV. Punchauca – Carabayllo, 2021

Figura N°	29	Compactación Proctor Modificado	Figura N°	29	Compactación Proctor Modificado	Figura N°	29	Compactación Proctor Modificado
-----------	----	---------------------------------	-----------	----	---------------------------------	-----------	----	---------------------------------

### Descripción

Proceso de compactación de la muestra patrón para obtener la máxima densidad seca y contenido de humedad óptimo.



### Descripción

Proceso de compactación de la muestra patrón para obtener la máxima densidad seca y contenido de humedad óptimo.



### Descripción

Proceso de la muestra patrón para obtener la máxima densidad seca y contenido de humedad óptimo.



**PANEL FOTOGRÁFICO** Descripción: Peso del Caucho Granular en diferentes dosificaciones (3%, 6%, 9% y 12%)

**Proyecto de Investigación:** Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en Suelos Cohesivos de la AV. Punchauca – Carabayllo, 2021

Figura N°	30	3% de Caucho Granular	Figura N°	31	6% de Caucho Granular	Figura N°	3	9% de Caucho Granular
-----------	----	-----------------------	-----------	----	-----------------------	-----------	---	-----------------------

**Descripción**

caucho granular del 3 por ciento con respecto al peso de la muestra natural.



**Descripción**

caucho granular del 6 por ciento con respecto al peso de la muestra natural.



**Descripción**

caucho granular del 9 por ciento con respecto al peso de la muestra natural.



**PANEL FOTOGRÁFICO** Descripción: Compactación de la muestra patrón para realizar el ensayo de CBR

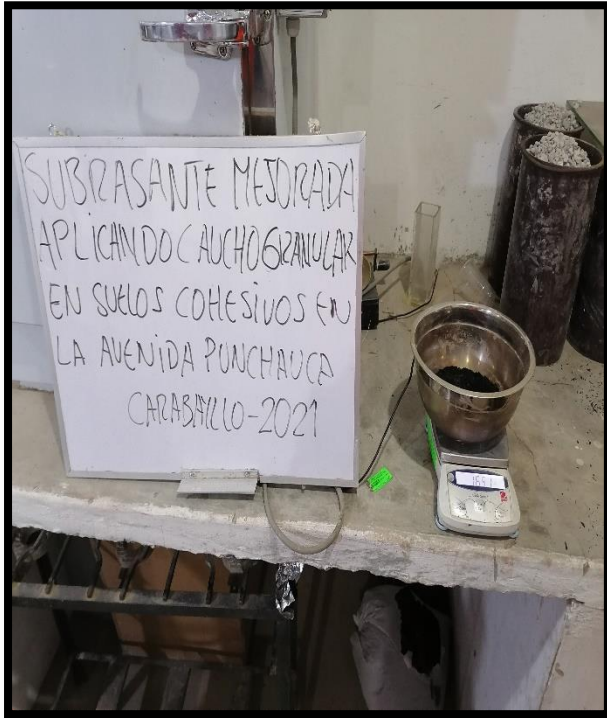
Figura N°	33	12% de Caucho Granular
-----------	----	------------------------

Figura N°	34	Compactación de la muestra Patrón natural.
-----------	----	--

Figura N°	34	Compactación de la muestra Patrón natural.
-----------	----	--

**Descripción**

caucho granular del 12 por ciento con respecto al peso de la muestra natural.



**Descripción**

Proceso de compactación de la muestra patrón para posteriormente realizar en ensayo a la penetración CBR.



**Descripción**

Proceso de compactación de la muestra patrón para posteriormente realizar en ensayo a la penetración CBR.



**PANEL FOTOGRÁFICO** Descripción: Compactación

de la muestra con 3% de Caucho Granular.

Proyecto de Investigación: Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en Suelos Cohesivos de la AV. Punchauca – Carabayllo, 2021.

Figura Nº	35	compactación de la muestra con 3% de caucho granular
-----------	----	--

### Descripción

Proceso de compactación de la muestra con un porcentaje de caucho granular de 3%.

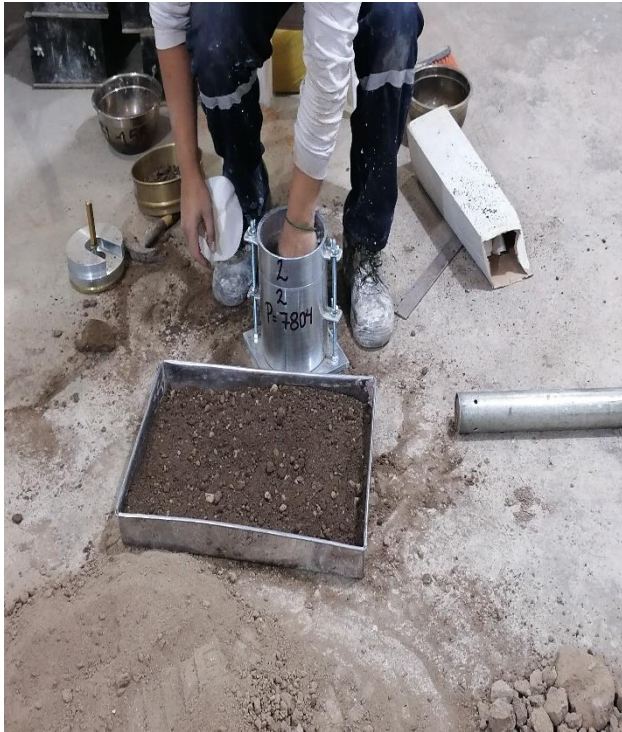


Figura Nº	35	compactación de la muestra con 3% de caucho granular
-----------	----	--

### Descripción

Proceso de compactación de la muestra con un porcentaje de caucho granular de 3%.



Figura Nº	36	compactación de la muestra con 3% de caucho granular
-----------	----	--

### Descripción

Proceso de la muestra con 3% de caucho para obtener máxima densidad seca y contenido de humedad óptimo.



**PANEL FOTOGRÁFICO** Descripción: Compactación de la muestra con 6% de Caucho Granular.

Figura N°	37	compactación de la muestra con 6% de caucho granular	Figura N°	37	compactación de la muestra con 6% de caucho granular	Figura N°	38	compactación de la muestra con 6% de caucho granular
-----------	----	--	-----------	----	--	-----------	----	--

**Descripción**

Proceso de compactación de la muestra con un porcentaje de caucho granular de 6%



**Descripción**

Proceso de compactación de la muestra con un porcentaje de caucho granular de 6%



**Descripción**

Proceso de la muestra con 6% de caucho para obtener máxima densidad seca y contenido de humedad óptimo.



**PANEL FOTOGRÁFICO** Descripción:

Compactación de la muestra con 9% de Caucho Granular.



Figura N°	39	compactación de la muestra con 9% de caucho granular	Figura N°	39	compactación de la muestra con 9% de caucho granular	Figura N°	40	compactación de la muestra con 9% de caucho granular
-----------	----	--	-----------	----	--	-----------	----	--

**Descripción**

Proceso de compactación de la muestra con un porcentaje de caucho granular de 9%



**Descripción**

Proceso de compactación de la muestra con un porcentaje de caucho granular de 9%



**Descripción**

Proceso de la muestra con 9% de caucho para obtener máxima densidad seca y contenido de humedad óptimo.



**PANEL FOTOGRÁFICO Descripción:**

Compactación de la muestra con 12% de Caucho Granular.

Figura N°	41	compactación de la muestra con 12% de caucho granular
-----------	----	---

Figura N°	41	compactación de la muestra con 12% de caucho granular
-----------	----	---

Figura N°	42	compactación de la muestra con 12% de caucho granular
-----------	----	---

**Descripción**

Proceso de compactación de la muestra con un porcentaje de caucho granular de 12%



**Descripción**

Proceso de compactación de la muestra con un porcentaje de caucho granular de 12%



**Descripción**

Proceso de la muestra con 12% de caucho para obtener máxima densidad seca y contenido de humedad óptimo.



**PANEL FOTOGRÁFICO** Descripción: Saturación de las muestras

Figura Nº	43	aturación de las muestras por 4 días
-----------	----	--------------------------------------

Figura Nº	43	aturación de las muestras por 4 días
-----------	----	--------------------------------------

Figura Nº	43	aturación de las muestras por 4 días
-----------	----	--------------------------------------

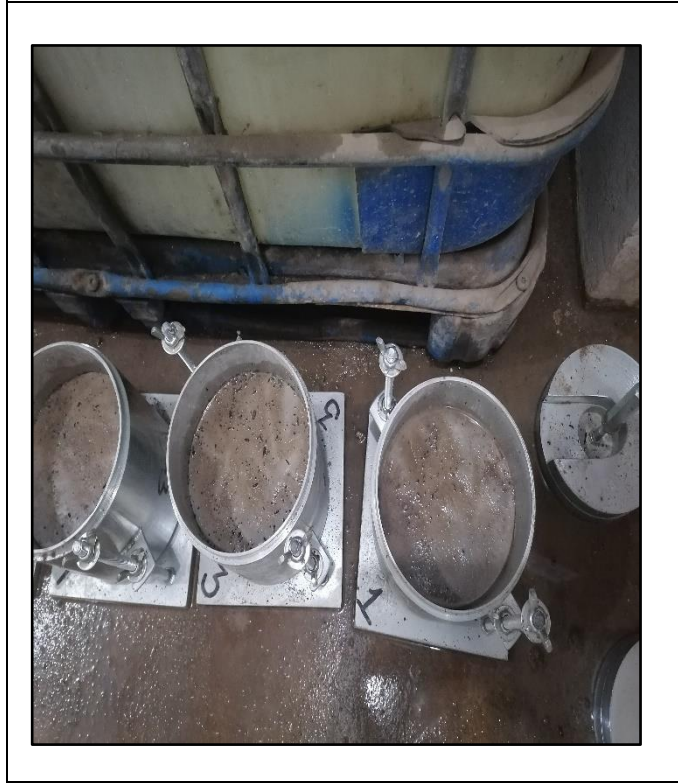
**Descripción**

Proceso de saturación de la muestra patrón y muestras con adición de caucho 3%,6%,9% y 12% por 4 días.



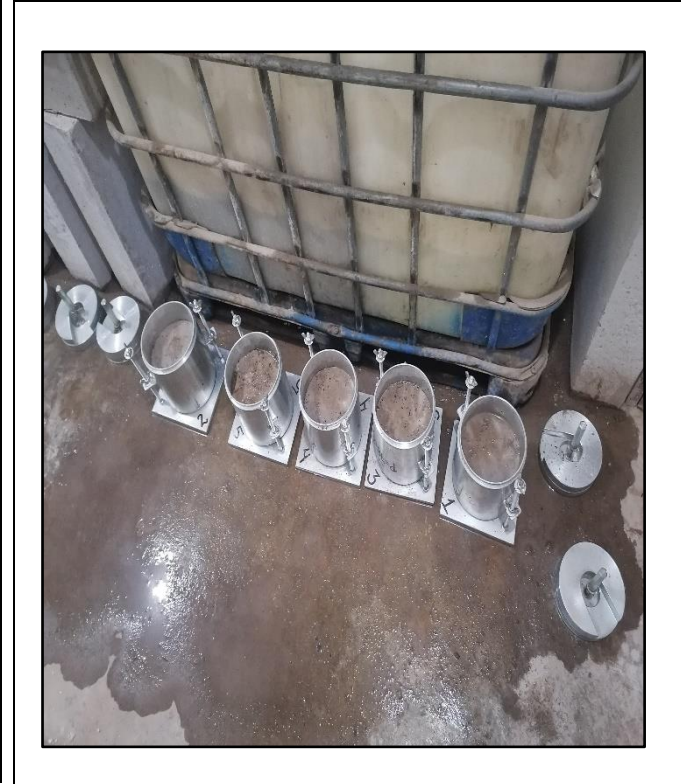
**Descripción**

Proceso de saturación de la muestra patrón y muestras con adición de caucho 3%,6%,9% y 12% por días.



**Descripción**

Proceso de saturación de la muestra patrón y muestras con adición de caucho 3%,6%,9% y 12% por días.



**PANEL FOTOGRÁFICO** Descripción: Ensayo de

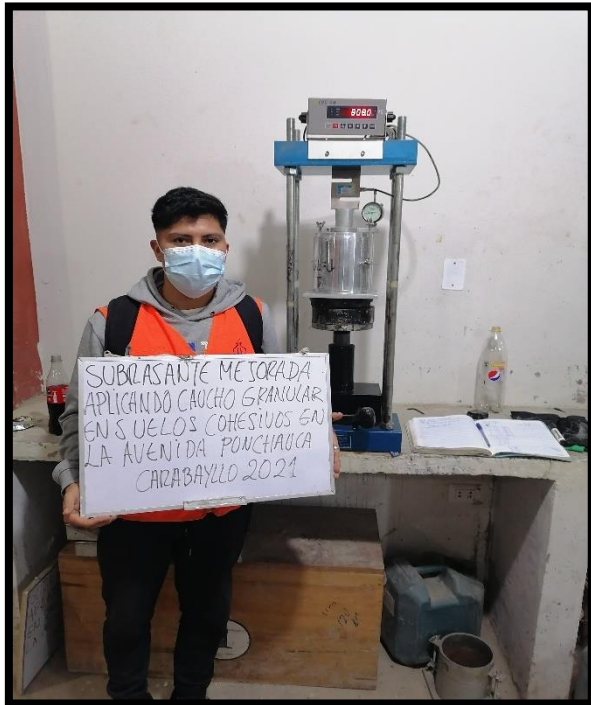
CBR

**Proyecto de Investigación:** Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en Suelos Cohesivos de la AV. Punchauca – Carabayllo, 2021

Figura N°	44	Ensayo de CBR / Muestra Natural	Figura N°	45	Ensayo de CBR / Muestra Natural con % de caucho granular	Figura N°	46	Ensayo de CBR / Muestra Natural con % de caucho granular
-----------	----	---------------------------------	-----------	----	--	-----------	----	--

**Descripción**

Proceso de ensayo de la resistencia a la penetración (CBR) sobre la muestra natural.



**PANEL FOTOGRÁFICO**

**Descripción:** Ensayo de CBR

**Descripción**

Proceso de ensayo de la resistencia a la penetración (CBR) sobre la muestra natural con 3% de caucho granular.



**Descripción**

Proceso de ensayo de la resistencia a la penetración (CBR) sobre la muestra natural con 6% de caucho granular.



**Proyecto de Investigación:** Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en Suelos Cohesivos de la AV. Punchauca – Carabaylo, 2021

Figura Nº	47	Ensayo de CBR / Muestra Natural con 9% de caucho granular
-----------	----	---

**Descripción**

Proceso de ensayo de la resistencia a la penetración (CBR) sobre la muestra natural con 9% de caucho granular.

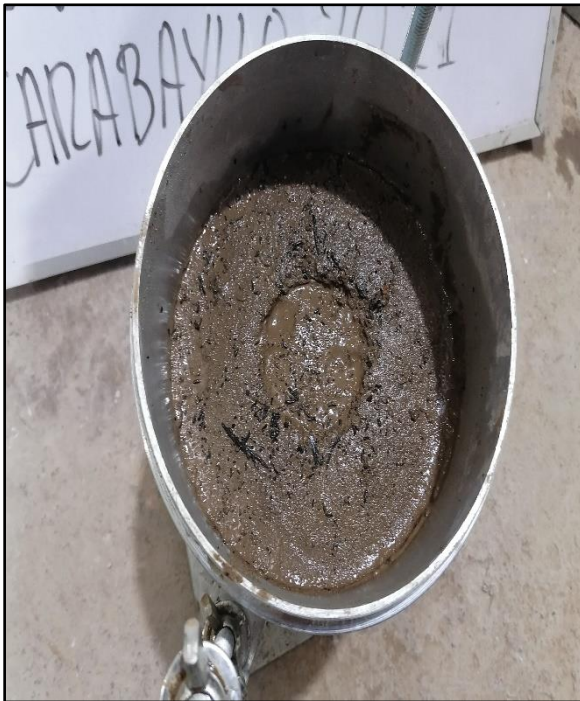
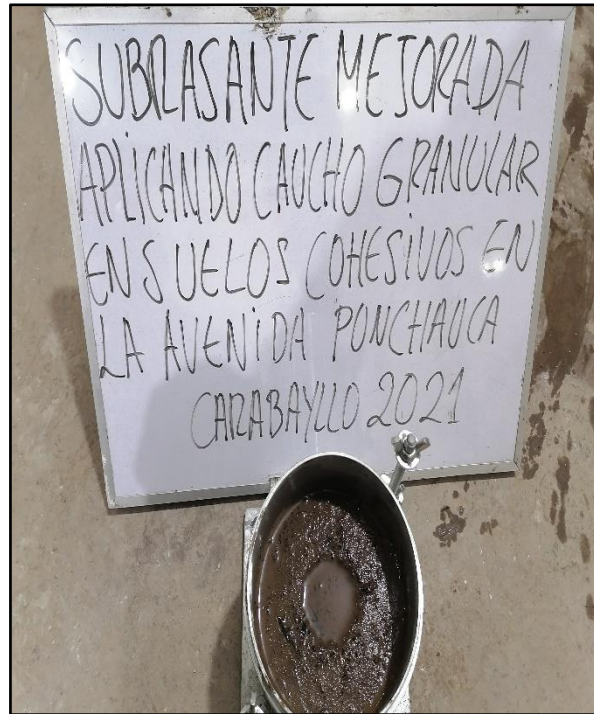


Figura Nº	48	Ensayo de CBR / Muestra Natural con 12% de caucho granular
-----------	----	--

**Descripción**

Proceso de ensayo de la resistencia a la penetración (CBR) sobre la muestra natural con 12% de caucho granular.



**PANEL FOTOGRÁFICO** Descripción: Equipos de Laboratorio

**Proyecto de Investigación:** Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en Suelos Cohesivos de la AV. Punchauca – Carabayllo, 2021

Figura Nº	49	TAMICES	Figura Nº	50	HORNO DE SECADO	Figura Nº	51	COPA DE CASAGRANDE
-----------	----	---------	-----------	----	-----------------	-----------	----	--------------------

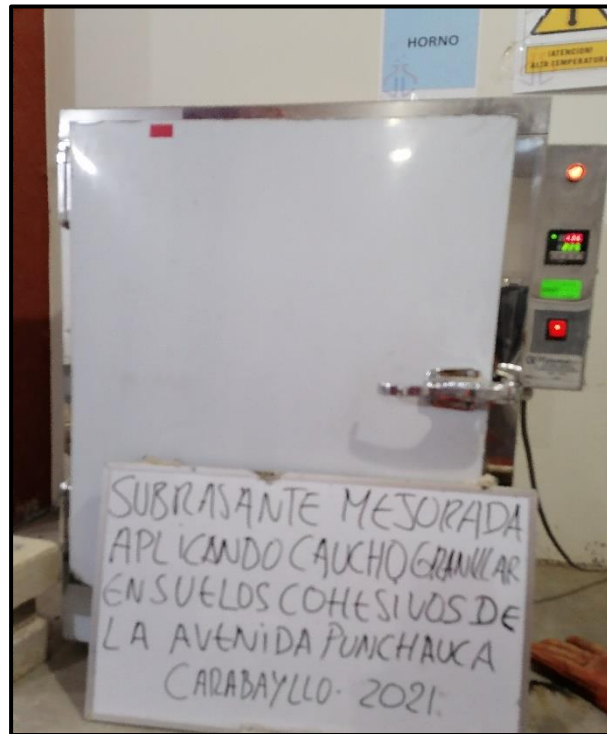
**Descripción**

Este utensilio que se usa para separar las partes finas de las gruesas, están formadas por una tela metálica o rejilla.



**Descripción**

Este estufa es un tipo de horno que es utilizado para deshidratar o secar diferentes instrumentos o materiales dentro de su cámara.



**Descripción**

Esta también llamada cuchara de Casagrande, es un instrumento de medición para determinar el límite líquido de una muestra de terreno.



**PANEL FOTOGRÁFICO** Descripción: Equipos de Laboratorio

**Proyecto de Investigación:** Subrasante Mejorada Aplicando Caucho Granular en Suelos Cohesivos de la AV. Punchauca – Carabayllo, 2021

Figura Nº	52	PRENSA DE CBR	Figura Nº	53	OLDES PARA LOS ENSAYOS	Figura Nº	54	OLDES PARA LOS ENSAYOS
-----------	----	---------------	-----------	----	------------------------	-----------	----	------------------------

**Descripción**

La prensa de CBR es ideal para medir y analizar la resistencia de muestras del suelo mediante una penetración que mide la carga.



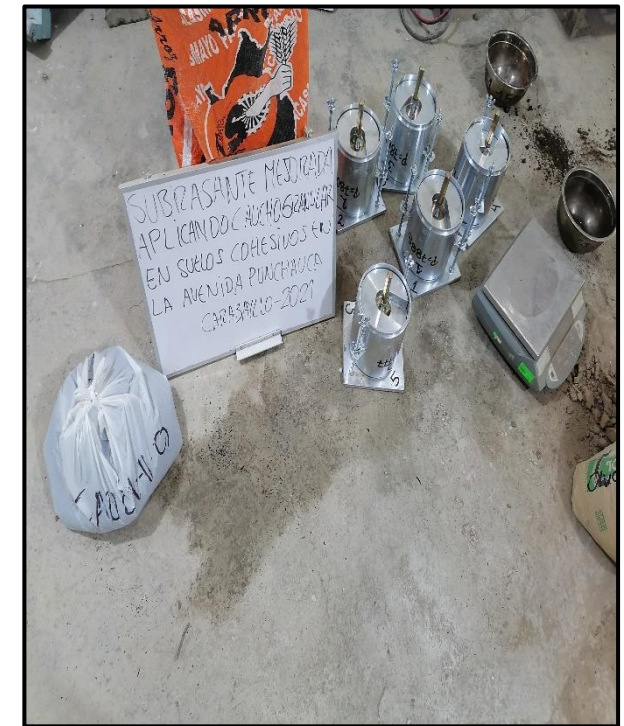
**Descripción**

Los moldes y martillos son usados para determinar la relación entre el contenido de humedad y densidad de suelos.



**Des**

Los moldes y martillos son usados para determinar la relación entre el contenido de humedad y densidad de suelos.





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, AMARO DELGADO FRANKO KLINSMAN, JARA IDME YULIANA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Subrasante mejorada aplicando caucho granular en suelos cohesivos de la Avenida Punchauca – Carabaylo, 2021", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
JARA IDME YULIANA <b>DNI:</b> 70858403 <b>ORCID</b> 0000-0002-0883-3504	Firmado digitalmente por: JARAIID5 el 02-01-2022 09:59:52
AMARO DELGADO FRANKO KLINSMAN <b>DNI:</b> 77153298 <b>ORCID</b> 0000-0002-0382-684X	Firmado digitalmente por: FAMAROD el 02-01-2022 17:32:03

Código documento Trilce: INV - 0501465