



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima – 2020.

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

GUTIERREZ SAUÑE, FRANK HUGO (0000-0003-4356-2903)

ROJAS MORALES, HENRY FRANCO (0000-0002-6618-8320)

ASESOR:

Mg. Ing. VILLEGAS MARTINEZ, CARLOS ALBERTO (0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA- PERÚ

2020

PÁGINA DEL JURADO

APROBADO POR:

Presidente del Jurado

Mg. Ing.

Secretario del Jurado

Mg. Ing.

Vocal del Jurado

Mg. Ing.

DEDICATORIA:

A Dios por darnos la oportunidad de vivir y estar con nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A nuestros padres, por darnos la vida, creer en nosotros y por brindarnos su apoyo incondicional que, sin ello, no hubiésemos podido lograr lo que tanto anhelábamos.

AGRADECIMIENTO:

Agradecemos al Ing. German Manuel Casusol Ibérico, por los conocimientos y exigencias que repartió en nosotros para poder llegar a culminar de manera eficiente nuestra investigación. Al Ing. Leopoldo Choque Flores y al Ing. Carlos Villegas Martínez por la supervisión y apoyo educativo brindado para poder culminar eficientemente la carrera universitaria.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Gutierrez sauñe, Frank Hugo con DNI N° 71236179 y Rojas Morales, Henry Franco con DNI N° 76170245, egresados de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo – Ate, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada: “Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima – 2020”, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la tesis:

1. No ha sido plagiado 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 publicado ni presentado 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 corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la universidad Cesar Vallejo.

Lima, 21 de Octubre del 2020

| | |
|-----------------------------|--------|
| APELLIDOS Y NOMBRES: | |
| GUTIERREZ SAUÑE, FRANK HUGO | |
| DNI: 71236179 | FIRMA: |
| ORCID: 0000-0003-4356-2903 | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | |
| ROJAS MORALES, HENRY FRANCO | |
| DNI: 76170245 | FIRMA: |
| ORCID: 0000-0002-6618-8320 | |

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento al Reglamento de Grados y Título de la Universidad César Vallejo, presentamos ante ustedes la Tesis titulada “Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima – 2020”, la misma que sometemos a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

Los Autores

INDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| PÁGINA DEL JURADO..... | ii |
| APROBADO POR:..... | ii |
| DEDICATORIA: | iii |
| AGRADECIMIENTO: | iv |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD | v |
| PRESENTACIÓN | vi |
| INDICE GENERAL | vii |
| INDICE DE FIGURAS..... | ix |
| INDICE DE TABLAS..... | xi |
| RESUMEN..... | xi |
| ABSTRACT | xii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEORICO | 6 |
| PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CAUCHO..... | 7 |
| TIPOS DE CAUCHO Y SU APLICACIÓN EN EL MEJORAMIENTO DE SUELOS | 9 |
| SUELOS COHESIVOS..... | 10 |
| IMPORTANCIA DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS..... | 11 |
| PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE | 11 |
| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 13 |
| JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO | 13 |
| HIPÓTESIS | 14 |
| OBJETIVO | 14 |
| III. METODOLOGÍA | 15 |
| DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN | 16 |
| VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN..... | 17 |
| POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 17 |
| TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD..... | 19 |
| PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL | 19 |
| MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS..... | 20 |
| ASPECTOS ÉTICOS..... | 20 |
| IV. RESULTADOS..... | 22 |
| PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL..... | 23 |

| | |
|--|----|
| ENSAYOS | 24 |
| 4.1 Análisis Granulométrico | 24 |
| 4.2 Límites de Consistencia | 25 |
| 4.3 Clasificación del suelo según SUCS y AASHTO..... | 27 |
| 4.4 Selección de la Muestra y/o Punto de Investigación a ensayar | 28 |
| 4.5 Proctor Modificado | 28 |
| 4.6 Ensayos de la Resistencia a la Penetración (CBR) | 29 |
| 4.7 Resumen de resultados obtenidos..... | 37 |
| 4.8 Contrastación de la hipótesis | 38 |
| V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 45 |
| VI. CONCLUSIONES | 48 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 50 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 52 |
| IX. ANEXOS..... | 56 |
| Anexo 1: Matriz de Consistencia..... | 58 |
| Anexo 2: Matriz de Operacionalización..... | 59 |
| Anexo 3: Resultados de Turnitin | 60 |
| Anexo 4: Resultado de ensayos | 61 |
| Anexo 5: Validación de Instrumentos..... | 85 |
| Anexo 6: Panel Fotográfico..... | 92 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Ventas anuales de vehículos livianos y pesados | 2 |
| Figura 2: Aplicaciones de Suelo-Caucho | 7 |
| Figura 3: Deformación del caucho natural y caucho natural vulcanizado. | 8 |
| Figura 4: Composición química del caucho..... | 9 |
| Figura 5: Posibles fallas en la subrasante..... | 11 |
| Figura 6: Planificación de la Investigación | 20 |
| Figura 7: Caucho granular retenido en tamiz N°10..... | 23 |
| Figura 8: Curva granulométrica C-1 | 26 |
| Figura 9: Diagrama del Límite líquido C-1 | 26 |
| Figura 10: Diagrama del Límite líquido C-2..... | 27 |
| Figura 11: Diagrama del Límite líquido C-3..... | 27 |
| Figura 12: Ensayo de Proctor Modificado C-1 | 29 |
| Figura 13: Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca..... | 30 |
| Figura 14: Caucho granular en 1.2% respecto al peso de la muestra | 31 |
| Figura 15: Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca..... | 31 |
| Figura 16: Caucho granular en 2.4% respecto al peso de la muestra | 32 |
| Figura 17: Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca..... | 33 |
| Figura 18: Caucho granular en 3.6% respecto al peso de la muestra | 33 |
| Figura 19: Curva de relación CBR (%) - Máxima densidad seca | 34 |
| Figura 20: Curva de relación CBR (%) - Máxima densidad seca | 35 |
| Figura 21: Curva de relación CBR (%) - Máxima densidad seca..... | 36 |
| Figura 22: Curva de relación CBR (%) - Máxima densidad seca | 37 |
| Figura 23: Curva de valores obtenidos (CBR) tras la combinación Suelo - Caucho..... | 38 |
| Figura 24: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis..... | 39 |
| Figura 25: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis..... | 40 |
| Figura 26: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis..... | 41 |
| Figura 27: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis..... | 42 |
| Figura 28: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis..... | 43 |
| Figura 29: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis..... | 44 |
| Figura 30: extracción de calicata C-1..... | 92 |
| Figura 31: extracción de calicata C-2..... | 92 |
| Figura 32: local donde se adquirió el caucho | 92 |

| | |
|---|-----|
| Figura 33: 29 caucho reciclado | .92 |
| Figura 34: Peso del caucho en la balanza | .93 |
| Figura 35: Tamizado de las partículas del suelo | .93 |
| Figura 36: Dosificación de caucho en la muestra de suelo | .93 |
| Figura 37: Compactación de las muestras | .93 |
| Figura 38: Proceso de saturación | .93 |
| Figura 39: Ensayo de CBR | .93 |
| Figura 40: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 1.2% de Caucho..... | .94 |
| Figura 41: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 2.4% de Caucho..... | .94 |
| Figura 42: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 3.6% de Caucho..... | .94 |
| Figura 43: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 4.8% de Caucho..... | .94 |
| Figura 44: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 6.0% de Caucho..... | .95 |
| Figura 45: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 7.2% de Caucho..... | .95 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Categoría de Subrasante según el valor CBR..... | 13 |
| Tabla 2: Operacionalización de Variables..... | 17 |
| Tabla 3: Tamaño de Muestra..... | 18 |
| Tabla 4: Resumen del Análisis Granulométrico C-1..... | 24 |
| Tabla 5: Resumen de límites de Atterberg..... | 25 |
| Tabla 6: Clasificación SUCS..... | 27 |
| Tabla 7: Clasificación SUCS y AASHTO..... | 28 |
| Tabla 8: Valores de Máxima densidad seca y Óptimo contenido de humedad..... | 29 |
| Tabla 9: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S..... | 30 |
| Tabla 10: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S..... | 31 |
| Tabla 11: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S..... | 32 |
| Tabla 12: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S..... | 34 |
| Tabla 13: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S..... | 35 |
| Tabla 14: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S..... | 36 |
| Tabla 15: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S..... | 37 |

RESUMEN

En la presente investigación se tuvo como objetivo principal el evaluar la influencia del caucho granular en las características mecánicas de suelos cohesivos, cuyas muestras de suelos fueron extraídas de la Av. Colectora – Ate. El tipo de investigación seleccionada fue aplicada ya que se pretende dar solución a diversos problemas, tanto a suelos de baja resistencia como a problemas medioambientales, el nivel de investigación es explicativo y el diseño de investigación es cuasiexperimental.

Se tomó 3 puntos de investigación (calicatas) como muestra de estudio en el tramo de la Av. Colectora ubicada en la provincia de Lima. Se llevó dichas muestras al laboratorio y se evaluó su efecto al adicionar caucho granular en distintas dosificaciones (1.2%, 2.4%, 3.6%, 4.8%, 6% y 7.2%). Para ello, se realizaron 7 ensayos de CBR para poder determinar la resistencia a la penetración que presentaba el suelo natural y el suelo adicionado con caucho granular, y así poder obtener la dosificación óptima que presente un mayor valor en el CBR.

Los resultados obtenidos para la calicata N°1 mostraron una clasificación SUCS de arcilla arenosa de baja plasticidad (CL), el cual muestra un incremento significativo en la resistencia a la penetración (CBR) tras adicionar 1.2%, 2.4%, 3.6% y 4.8% de caucho granular, siendo el 4.8% el más óptimo ya que incremento la resistencia del suelo de 2.7% a 7.9%. Sin embargo, las calicatas N°2 y N°3 obtuvieron una clasificación SUCS de grava limo arcillosa (GC – GM) y grava arcillosa con arena (GC), por lo tanto, no fueron seleccionadas como muestra representativa debido a sus características no cohesivas y que generalmente indican un valor de CBR apropiado. Concluyendo que la adición de caucho granular mejoró las características mecánicas del suelo cohesivo, pasando de una categoría de subrasante inadecuada (CBR<3%) a una regular (CBR>6%) según lo indica el MTC Suelos, Geología y Pavimentos – 2014.

Palabras clave: Caucho granular, CBR, Subrasante.

ABSTRACT

The main objective of the present research was to evaluate the influence of granular rubber on the mechanical characteristics of cohesive soils. Soil samples were extracted from Av. Colectora - Ate. The type of research selected was applied as it aims to solve various problems, both low resistance soils and environmental problems, the research level is explicative and the research design is quasi experimental.

Three research points (pits) were taken as a study sample in the section of Collector Avenue located in the province of Lima. Said samples were carried out in the laboratory and their effect was evaluated by adding granular rubber in different dosages (1.2%, 2.4%, 3.6%, 4.8%, 6% and 7.2%). For this, 7 CBR tests were carried out to determine the resistance to penetration presented by the natural soil and the soil added with granular rubber, and thus be able to obtain the optimal dosage that presents a higher value in the CBR.

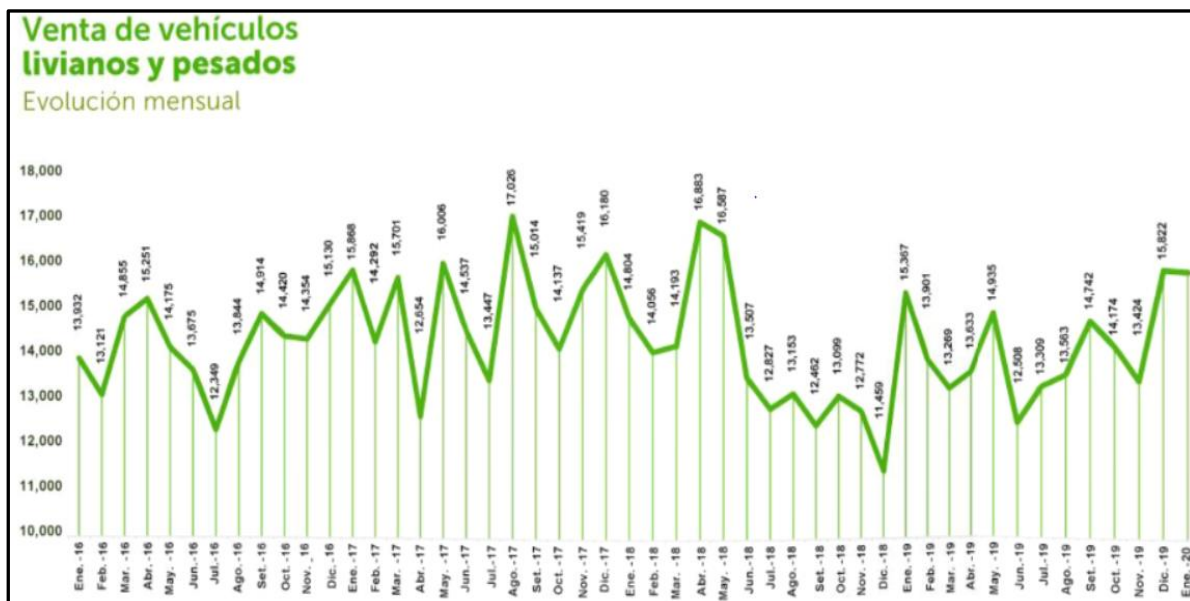
The results obtained for pit N ° 1 showed a classification SUCS of low plasticity sandy clay (CL), which shows a significant increase in penetration resistance (CBR) after adding 1.2%, 2.4% and 3.6% of granular rubber, being 3.6% the most optimal because it increased the soil resistance from 2.7% to 7.3%. However, pits N ° 2 and N ° 3 obtained a SUCS classification of silt clay gravel (GC - GM) and clayey gravel with sand (GC), therefore, they were not selected as a representative sample due to their non-cohesive characteristics. and generally indicate an appropriate CBR value. Concluding that the addition of granular rubber improved the mechanical characteristics of the cohesive soil, going from an inadequate subgrade category (CBR <3%) to a regular one (CBR > 6%) as indicated by the MTC Soils, Geology and Pavements – 2014

Keywords: Granular rubber, CBR, Subgrade.

I. INTRODUCCIÓN

Debido al progreso tecnológico y económico que se da en cada país, la calidad de vida y bienestar de los habitantes se ve afectado directamente, ya que las personas al tener un mayor ingreso se pueden dar ciertas comodidades como el adquirir un vehículo propio, y esto se puede contrastar con las constantes aglomeraciones de tránsito en el país. Sin embargo, así como las compras de bienes materiales aumentan, también lo hacen los desechos de éstos. A continuación, se muestran estadísticas de las ventas de vehículos desde principios del año 2016 hasta comienzos del año 2020 en la figura N°1.

Figura 1: Ventas anuales de vehículos livianos y pesados



Fuente: Asociación Automotriz del Perú

Generando al año alrededor de 180.000 vehículos, considerando que los neumáticos tienen una vida útil de 5 años, se generan aproximadamente 144.000 neumáticos fuera de uso en el país, incrementando cada vez su disposición en botaderos y zonas poco concurridas. Es por ello que se emplean e investigan nuevas aplicaciones de estos desechos a partir de su derivado principal, siendo este el caucho. Las propiedades que este material ofrece resultan tentativamente aprovechables para el sector de la Ingeniería Civil.

Habiendo detallado las cantidades de neumáticos que se producen dentro del País se dará a conocer la Realidad problemática a la que estamos enfrentando: En la actualidad uno de los principales problemas en todo el mundo vendría a ser la escasa gestión de reciclaje de neumáticos, así como también la presencia de suelos cohesivos al momento de construir una obra con fines de pavimentación. El principal problema en cuanto a los neumáticos es que no son biodegradables y tardan aproximadamente 500 años en degradarse debido al proceso de vulcanización al cual fue sometido, haciendo que los métodos de reciclaje de este material sean más difíciles.

Teniendo en cuenta que nuestro país considera a los neumáticos usados como residuos sólidos, el Ministerio del Ambiente (MINAM) indicó que anualmente en el Perú se generan casi 7 millones de toneladas de residuos sólidos y que únicamente solo se llega a reciclar el 1.9%. Debido a que el Perú no cuenta con normas específicas para la gestión de residuos de neumáticos provoca que se les trate como basura convencional, desechándolas en botaderos expuestos a la intemperie o rellenos sanitarios, incluso en zonas públicas de manera informal por los mismos habitantes. Haciendo que la acumulación de estos desechos favorezca la proliferación de plagas, ratas, mosquitos causantes del dengue, etc. Además de ser una potencial amenaza de incendio causando humareda tóxica y que puede tardar semanas e incluso meses en apagarla (Peláez, Velásquez y Giraldo, 2017).

En cuanto los suelos cohesivos, estos se caracterizan por poseer gran cantidad de arcilla, así como también de partículas de suelo bastante pequeñas. El principal problema de estos suelos es que afectan negativamente a los pavimentos, dichos efectos se encuentran asociados a sus características resistentes, sus cambios de estado, su deformabilidad o sus cambios volumétricos las cuales son conocidos en el sector de la construcción desde tiempos remotos (Cusquisibán, 2014). Debido a la alta susceptibilidad de cambios volumétricos que tienen estos suelos al estar en contacto con el agua, se toman las medidas necesarias para minimizar los riesgos de fallas o problemas que se puedan presentar durante y/o después de haber construido

el pavimento mediante su estabilización con aditivos, ya sea con cal, cemento, ceniza fina, etc., cuya dosificación dependerá del tipo de suelo.

Debido a que generalmente suele presentarse la necesidad de estabilizar un suelo en la mayoría de las obras con fines de pavimentación, y teniendo en cuenta también que las acumulaciones de residuos de caucho cada vez son mayores, se pretende adicionar este material como subrasante en suelos cohesivos con la finalidad de poder mejorar sus características mecánicas basándose en las propiedades que el residuo de caucho presenta, las cuales son detalladas en el marco teórico. Así como también basándose en investigaciones anteriores las cuales obtuvieron un ligero incremento en sus propiedades mecánicas tal como se muestra a continuación.

Con la finalidad de respaldar y darle credibilidad al propósito de la investigación se presentará los siguientes antecedentes mediante conclusiones y argumentos sólidos: Un estudio realizado en Iraq se hizo uso de caucho en migajas en diferentes tamaños que variaban en rangos de 0.6 mm a 4.75 mm, aplicado principalmente como aditivo en un suelo arenoso en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, concluyendo que al aumentar de manera gradual los porcentajes de caucho se obtenía una mayor resistencia a la penetración (CBR); esto se da por optar un tamaño similar al de grava de 4.75 mm la cual afecta de manera positiva y directa al CBR, así como también se suele obtener mejores resultados con menores porcentajes de caucho agregado (Mohammed, 2018).

Un estudio realizado en la India hizo uso de piezas de caucho con tamaño de 15 mm a 20 mm y de longitud de 20 mm a 15 mm como aditivo en un suelo arcilloso en porcentajes de 2.5%, 5% y 7.5%, obteniendo como resultado un ligero incremento en la resistencia a la penetración (CBR) de 3.51% a 4.04% al adicionar 5.0% de caucho, mientras que en porcentajes de 7.5% disminuye, pero se mantiene aún por encima de los valores del suelo sin modificar (Swarna y Paleru, 2015)

Una investigación realizada en Cajamarca consistió en adicionar caucho en polvo, cuyo tamaño variaba en un rango de 2 mm a 0.075 mm de diámetro y adicionada en porcentajes de 1.5%, 2.5% y 3.5% a un suelo arcilloso, concluyendo que conforme se aumentaba gradualmente el caucho se obtenía una mayor resistencia a la penetración (CBR), siendo 9.4% el índice del CBR tras adicionar 3,5% de caucho (Álvarez y Gutierrez, 2019).

II. MARCO TEORICO

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CAUCHO

La extracción del caucho natural se da mediante el árbol *Hevea brasiliensis*, para que este material sea empleado como neumáticos son combinados con distintos materiales y agentes químicos, el proceso principal sometido al caucho es la vulcanización; esto consiste en someterlo a temperaturas elevadas en presencia de azufre, obteniendo un material más duro y resistente al calor. Es por ello que se vuelve térmicamente irreversible y la forma de reciclaje más económica es mediante la trituración (Peláez, Velásquez y Giraldo, 2017).

Las principales propiedades del neumático según el SIGNUS (Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados) en cualquiera de sus formas ya sea, entero, triturado o granulado son los siguientes: Absorción de impacto; esto se ha demostrado en distintos ensayos donde la resistencia al desgaste por abrasión aumentaba considerablemente, Impermeabilidad; demostrado en estudios tras la combinación de caucho y mezclas bituminosas, endureciendo la carpeta asfáltica y disminuyendo los daños por infiltración de agua, Absorción acústica y vibratorias; usado en las carpetas asfálticas para reducir las vibraciones y ruido que se genera cuando los vehículos y camiones transitan por la carretera. A continuación, se muestra en la figura N°2 las ventajas y desventajas que se obtuvo en algunos estudios tras la combinación Suelo - Caucho:

Figura 2: Aplicaciones de Suelo-Caucho

| APLICACIÓN | DESCRIPCIÓN | REFERENCIA | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|----------------|---------------------------------------|--------------------------------|---|--|
| Suelo - Caucho | Suelo arcilloso altamente compresible | AHINAV, 2015 - India | Mayor resistencia a la penetración. | Porcentajes limitados en rangos de 1 - 16% |
| | Suelo arcilloso | ARAM, s.f. - Iraq | Disminución del material en botaderos e Iniciativa a nuevas aplicaciones del material o nuevo material. | |
| | Grava y ceniza voladora | Prasad y Prasada, 2009 - India | Más económico. | |
| | Arena arcillosa | Swarna y Paleru, 2015 - india | | |

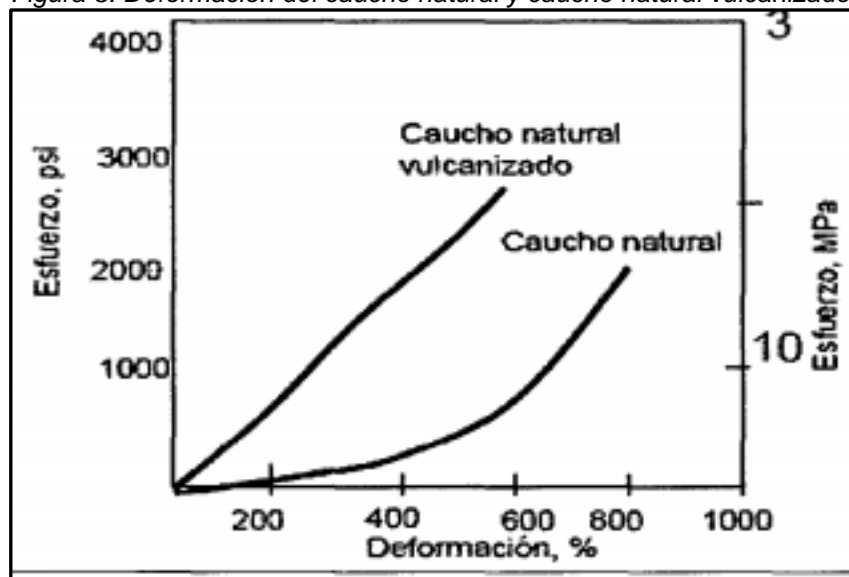
Fuente: Elaboración propia, información recolectada de estudios previos.

Se puede apreciar en la tabla anterior como es que el caucho reciclado influye positivamente al aplicarlos en suelos naturales, y como ésta puede llegar a ser un estabilizador del suelo tomando en cuenta sus propiedades mecánicas siendo una de éstas la resistencia a la penetración, o incluso puede ser combinada junto a otros estabilizadores y/o aditivos de manera que cumplan los parámetros necesarios para su empleabilidad como subrasante, partiendo principalmente de que este material llega a ser un agente modificador de las características mecánicas del suelo según los estudios mostrados anteriormente, así como también de las mezclas bituminosas. (Tejela, 2013, p.98)

VULCANIZACIÓN Y COMPOSICIÓN DEL CAUCHO

El caucho natural como fase final se somete a altas temperaturas en presencia del azufre, haciéndolo un material más elástico, resistente a deformaciones e impermeables. Al haberse sometido a un proceso de vulcanización el caucho pasa de ser un material termoplástico a uno elastomérico. Teniendo así deformaciones muy diferentes a la del caucho natural de acuerdo a la figura N°3.

Figura 3: Deformación del caucho natural y caucho natural vulcanizado.



Fuente: Materiales y compuestos para la industria del neumático, 2008.

Antes de la vulcanización también se agregan otros materiales como suavizantes, que aumentan la trabajabilidad del caucho; óxido de Zinc y Magnesio, para reducir el

tiempo de vulcanización de varias horas a pocos minutos; antioxidantes, para dar mayor duración de vida al caucho sin que se degrade por la acción del oxígeno y el ozono; la cual se obtiene por medio de combustión incompleta de gases naturales, la cual provee una mayor resistencia a la abrasión y tensión (Castro, 2008). En la figura N°4 se presenta la composición química del caucho el cual puede variar según el tipo de uso al que estén destinados.

Figura 4: Composición química del caucho

| Elementos | % |
|------------------|-----------|
| Carbono | 70 - 83 |
| Hidrogeno | 5 - 7-5 |
| Azufre | 1.2 - 1.9 |
| 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, 2008.

TIPOS DE CAUCHO Y SU APLICACIÓN EN EL MEJORAMIENTO DE SUELOS

En diversos estudios se han aplicado distintos tipos de caucho, ya sea en polvo, triturado, granular, en tiras e incluso en forma ovoidal. Los cuales fueron aplicados a ensayos experimentales con el fin de medir y comparar la resistencia a la penetración (CBR) de un suelo natural y un suelo combinado con caucho reciclado, donde algunos de esos estudios mostraron una ligera mejoría, así como también una disminución en el CBR, es por ello que se requiere contrastar y determinar los rangos óptimos respecto a la cantidad, tamaño y forma del caucho. Habiendo mencionado lo anterior se presenta algunas de estas investigaciones: Un estudio realizado en la India consistió en adicionar caucho triturado a un suelo arcilloso de alta compresibilidad cuyo tamaño utilizado fue el material retenido en el tamiz N°40 en porcentajes de 0%, 6%, 8%, 10%, 12% y 14%, obteniendo como resultado un incremento muy ligero respecto a la resistencia a la penetración (CBR) en porcentajes de 10% (Abhinav, 2015).

Otro estudio realizado en la India consistió en adicionar caucho triturado a un suelo de arcilla inorgánica de media plasticidad cuyo tamaño utilizado fue los materiales pasantes del tamiz de 2.36mm en porcentajes de 0%, 3%, 5% y 7.5%, obteniendo como resultado una ligera disminución gradual en la resistencia a la penetración (CBR) conforme se aumentaba los porcentajes de caucho triturado, probablemente se haya mostrado una mejora si se hubiese aumentado los porcentajes de adición del caucho como la investigación antes mencionada, ya que esta solo llega a 7.5% (Subramanian y Jeyapriya, 2009).

Una investigación realizada en Cajamarca consistió en mejorar el suelo arcilloso incorporando caucho granular reciclado para fines constructivos de pavimentos, la cual tuvo como resultado que al adicionar el 60% del material reciclado se logró obtener un índice del CBR de 41% resultando favorable como material de subrasante a diferencia del suelo arcilloso que suelen tener como máximo un CBR del 7,10%. A pesar de la mejora del CBR presentada cabe mencionar que no se detalla de manera explícita el tamaño del caucho, así como también el autor menciona que los equipos utilizados podrían o no haber estado calibrados debido a su antigüedad, aumentando la necesidad de contrastar los datos y conocimientos de casos similares (Cusquisibán, 2014).

SUELOS COHESIVOS

Para poder tener en mente una clara idea de lo que es un suelo cohesivo se establece lo siguiente: La cohesión es una característica física de los suelos la cual consiste en la unión entre partículas, de manera que mientras mayor sea el tamaño de éstas menor será la cohesión del suelo ya que los espacios vacíos son grandes y visibles. Debido a que los suelos arcillosos cuentan con un tamaño de partículas menores a 0.002 mm, son considerados como suelos cohesivos ya que brinda propiedades cementantes, es decir, facilidad de adhesión entre partículas. Usualmente estos suelos tienden a tener un grado de compresibilidad alta, esto quiere decir que al aplicar una determinada carga su volumen disminuirá, y mientras mayor sea la cantidad de partículas pequeñas mayor será su compresibilidad (Terzaghi y Peck, 1973).

IMPORTANCIA DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS

La subrasante viene a estar conformada por suelos seleccionados y/o de características aceptables para que mantenga estable el cuerpo del pavimento y no se vea afectada por la carga del tránsito (MTC, 2014). Con suelos seleccionados nos referimos a aquellos suelos que han sido estudiados según sus características físicas y mecánicas, y que al no cumplir con los requisitos mínimos como es el caso de suelos cohesivos se puede seleccionar otro tipo de suelo o estabilizarla, siendo la segunda opción de mayor conveniencia, ya que estabilizar el suelo con el que ya se cuenta resulta más económico que adquirir un nuevo suelo proveniente de canteras. De construir un pavimento con un suelo inestable o características inadecuadas se pueden presentar en la figura N°5 las siguientes fallas y posibles causas:

Figura 5: Posibles fallas en la subrasante

| FALLAS AL USAR SUELOS INESTABLES EN LA SUBRASANTE | | |
|---|--|---|
| FALLA ESTRUCTURAL | DESCRIPCIÓN | POSIBLES CAUSAS |
| AHUELLAMIENTO | Depresión longitudinal a lo largo del pavimento, cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeño (prof.<13mm), las deformaciones ocurren en las capas superiores y suelen ser acompañadas de un deslizamiento y/o levantamiento lateral de la superficie del pavimento; cuando el R.I es amplio (prof.>25mm), las deformaciones ocurren en las capas inferiores o en la fundación. | Insuficiente estabilidad de las capas del pavimento o de la subrasante (falla por corte, compresión o desplazamiento lateral del material) ya sea por ingreso de agua o deficiente calidad. Espesores de pavimento insuficientes para las cargas soportadas del tránsito. Exagerado incremento en las cargas del tránsito. |
| HUNDIMIENTO | Depresión o descenso de la superficie del pavimento, pueden ocurrir en los bordes o centros de la calzada. En muchos casos las depresiones son difíciles de detectar, suelen ser reconocidos luego de una lluvia, por la acumulación de agua. | Deficientes prácticas de construcción (deficiente nivelación o compactación), pérdida de estabilidad por incremento de humedad en capas de pavimento o fundación. |
| HINCHAMIENTO | Abultamiento o ascenso vertical de la superficie del pavimento, puede ocurrir de forma abrupta o pronunciada, así como también de forma gradual de más de 3m de longitud, distorsionando el perfil de la vía y pudiendo ir acompañado de agrietamientos. | Cambios volumétricos en fundaciones arcillosas altamente expansivas, Contaminación de las capas del pavimento y/o fundación con materia orgánica, deficiente tratamiento de suelos arcillosos, potencialmente expansivos, durante la construcción y/o compactación. |

Fuente: Adaptada del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones; Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE

Con la finalidad de determinar las características físicas y mecánicas de un suelo con fines constructivos de pavimentación será necesario realizar calicatas con una profundidad mínima de 1.5 m, determinando en el laboratorio las siguientes

características: Contenido de humedad; que nos permitirá conocer la cantidad de humedad (agua) que contiene el suelo antes del secado de éste, Granulometría; cuya finalidad es determinar los porcentajes en peso de partículas de distinto tamaño que contiene un suelo, interesa que un suelo este bien graduado para cuando se realice la compactación de terrenos, las partículas más finas rellenen los huecos que dejan las de mayor tamaño, alcanzando así una mejor estabilidad y capacidad portante (Mohedas, 2014, p.8).

Los límites de Atterberg son unos ensayos los cuales son utilizados para determinar el comportamiento de los suelos finos en presencia de la humedad, estos se dan solo en suelos finos debido al pequeño tamaño de sus partículas y pequeños vacíos las cuales facilitan la adherencia o cohesión entre ellas, usualmente los suelos arcillosos suelen presentar un índice de plasticidad alta debido a su tamaño las cuales le permiten resistir deformaciones sin agrietarse ante un esfuerzo sometido conservando la deformación al retirarse la carga. La relación de soporte (CBR) viene a ser un parámetro del suelo que cuantifica la resistencia a la penetración de ésta, siendo uno de los necesarios para los estudios geotécnicos previos al diseño y construcción de carreteras. Aunque existan parámetros más representativos para cuantificar la resistencia del suelo, este ensayo se continúa usando debido a la simplicidad para su ejecución. Los parámetros que más afecta directamente al CBR vendría a ser el contenido de gravas y la máxima densidad seca ya que, a mayor contenido o valor de éstas, mayor será el CBR (Araujo, 2014).

Se presenta a continuación la tabla N°1 la cual contiene las diferentes categorías de la subrasante clasificados mediante el índice del CBR obtenido, para lo cual el Manual de Carreteras (MTC) establece que para que un suelo con fines de uso como subrasante debe tener como mínimo un CBR mayor o igual a 6%.

Tabla 1: Categoría de Subrasante según el valor CBR

| CATEGORÍAS DE SUBRASANTE | CBR |
|-----------------------------|-------------------|
| S0: Subrasante Inadecuada | CBR < 3% |
| S1: Subrasante Insuficiente | CBR ≥ 3% a ≤ 6% |
| S2: Subrasante Regular | CBR ≥ 6% a ≤ 10% |
| S3: Subrasante Buena | CBR ≥ 10% a ≤ 20% |
| S4: Subrasante Muy buena | CBR ≥ 20% a ≤ 30% |
| S5: Subrasante Excelente | CBR ≥ 30% |

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

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Habiendo mencionado los estudios hechos anteriormente y la realidad en la que nos encontramos se ha planteado como problema general lo siguiente: ¿Cuál será la influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos? Del problema general planteado se dan los siguientes problemas específicos: ¿Cómo influirá la adición de caucho granular en el CBR de suelos cohesivos?, ¿Será la categoría del suelo, adicionado con caucho granular, mejor que la del suelo natural (Sección suelos y pavimentos MTC–2014) ?, ¿Cuál será la dosificación óptima de caucho granular en suelos cohesivos?

JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO

La justificación teórica de la presente investigación tiene como finalidad contribuir en el conocimiento de las características mecánicas del suelo cohesivo cuando se adiciona caucho granular, ya que los estudios nacionales existentes son escasos y se requiere de contrastación. Es por ello que se busca profundizar y acrecentar los conocimientos para el desarrollo de esta iniciativa constructiva. En cuanto la justificación práctica, se realizó para determinar la viabilidad de la adición de caucho granular en la subrasante, de manera que se pueda explorar con mayor profundidad nuevas aplicaciones relacionadas a la ingeniería de infraestructura vial y a su vez

contribuir con la reducción de la disposición de neumáticos usados, con la condición de que estas cumplan u optimicen las características mecánicas de una subrasante convencional. Por otro lado, se tiene como justificación social la necesidad de disminuir las grandes cantidades de neumáticos fuera de uso, las cuales carecen de una adecuada gestión para sus desechos, de tal manera aportar con el estudio de nuevas aplicaciones que sean más amigables con el medio ambiente.

HIPÓTESIS

Como consecuencia del planteamiento del problema general se supone la siguiente hipótesis general: Las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos mejoran al adicionar caucho granular. Teniendo como hipótesis específicas las siguientes: La adición de caucho granular en suelos cohesivos presenta una mejor resistencia a la penetración (CBR), La categoría del suelo, adicionado con caucho granular, fue mejor que la del suelo natural (Sección suelos y pavimentos MTC-2014), La dosificación óptima de caucho granular será la de 4.8%.

OBJETIVO

Con la finalidad de comprobar la hipótesis general supuesta se llevará a cabo el siguiente objetivo general: Determinar la influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos. Para verificar las respectivas hipótesis específicas se llevará a cabo los siguientes objetivos específicos: Determinar la influencia de la adición de caucho granular en el CBR de suelos cohesivos, Determinar la categoría del suelo adicionado con caucho granular (Sección suelos y pavimentos MTC – 2014), Obtener la dosificación óptima de caucho granular en suelos cohesivos.

III. METODOLOGÍA

DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

El diseño cuasiexperimental tiene un grado de control mínima en la cual se tiene un grupo de control y un grupo después del estímulo, caracterizado principalmente por no tener un grupo aleatorio o al azar (Hernandez, 2014, p.184). Teniendo en cuenta lo siguiente la investigación será experimental de diseño cuasiexperimental, ya que cuenta con un grupo de control mínimo, con muestra sin alterar y alterados, para poder observar el efecto de la adición de caucho granular en los suelos cohesivos.

La investigación aplicada está dirigida a dar solución de forma objetiva a los procesos tanto de producción, distribución, circulación, como consumos de bienes y servicios. En este tipo de investigación se formulan en primera instancia tanto problemas como hipótesis de trabajo para poder dar solución a problemas de la vida productiva de la sociedad. (Ñaupas [et al], 2014, p.93). Teniendo en cuenta lo anterior la presente investigación será del tipo aplicada, ya que pretende proporcionar una solución al problema planteado aplicando conocimientos, guías y normas ya establecidas.

El enfoque cuantitativo se basa en métodos y técnicas de medición tanto en la recolección de datos como en su análisis para determinar o responder a las hipótesis propuestas en la investigación. Este tipo de investigación es de suma importancia y rigurosa, ya que es una opción importante para alcanzar la verdad o descubrir nuevos conocimientos científicos (Ñaupas [et al], 2014, p.97). Tomando en cuenta lo anterior la investigación tendrá un enfoque cuantitativo ya que se utilizan datos numéricos con el fin de establecer los resultados.

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 (Hernández, 2014, p. 95). La investigación será de alcance explicativo ya que se describe la problemática y se pretende explicar las causas de los resultados obtenidos.

VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 2: Operacionalización de Variables.

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADORES | ESCALA |
|------------------------------|---|--|--|---------|
| V.I: Caucho Granular | Obteniéndose mediante la trituración mecánica, la cual puede ser usado para contribuir con problemas del medio ambiente y solucionar las indeseables características del suelo como su baja resistencia a la penetración (Mohammed, 2018) | El material será medido y usado tomando en consideración el tamaño granulométrico, cantidad y su densidad. | -Adición en porcentaje. -Granulometría. -Densidad. | A razón |
| V.D: Suelos Cohesivos. | Contiene grandes cantidades de arcilla y se caracterizan por su plasticidad e interacción agua/partícula (Terzaghi y Peck, 1973). | Se medirá el suelo modificado y sin modificar con caucho granulado mediante el ensayo de CBR siguiendo la norma establecida por el ASTM-D 1883 | -Granulometría. -Límites de Atterberg. -Proctor Modificado -Resistencia a la penetración (CBR). | |

Fuente: Elaboración propia.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población o universo es el conjunto de elementos que será motivo de estudio para la investigación donde es necesario el uso de la estadística cuando se desea analizar una fracción de la población que pueda cumplir y que tenga una validez para todo el universo en estudio (Borja, 2011, p.30). Siendo nuestra población infinita e indeterminada se considerará como población a las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos al adicionar caucho granular en porcentajes de 1.2%, 2.4%, 3.6%, 4.8%, 6.0% y 7.2%.

El tamaño de la muestra muchas veces se limita por el costo que involucra, o por el tiempo disponible para la investigación, para poder determinarlas se aplica 2 métodos distintos según las características de la población (Borja, 2011, p.31). Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta en la tabla N°3 el método probabilístico aplicado para la población y así demostrar que, el aplicarlo, implicaría mayores recursos y disposición de tiempo.

Tabla 3: Tamaño de Muestra

| | |
|---|---|
| Se tiene: | Reemplazando: |
| $\frac{n = Z^2 \times p \times q}{e^2}$ | $n = \frac{1.96^2 \times 0.6 \times 0.4}{0.05}$ |
| Donde: n= Tamaño de la muestra p= Probabilidad que la hipótesis sea verdad (éxito). q= Probabilidad de fracaso. Z= Coeficiente de confiabilidad que se quiere tener en la investigación.. | $n = 18.43 \rightarrow n = 18$ |

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se observa que el tamaño de la muestra resulta ser de 18 ensayos, debido a que la mayoría de tesis no cuentan con financiamiento para desarrollar sus proyectos es recomendable asumir el tamaño de la muestra respecto a los recursos y tiempo. Considerando también seleccionar muestras no probabilísticas según los objetos de investigación y que no descuide la representatividad de la misma (Arias, 2012, p.87). Para efectos de esta investigación se tomará el tipo de muestra no probabilística ya que el número de muestras calculado resulta inconveniente debido a los recursos y tiempo que se dispone, pero contando con la cantidad mínima necesaria para llevar a cabo los ensayos de la investigación, las cuales se detallan a continuación.

El Manual de Transporte y Carreteras (MTC) y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) nos indica que el número mínimo de ensayos de CBR para efectos de estudio de suelos, puntos de investigación, remodelación y/o mejoramiento de estas, es de 1 ensayo de CBR según las características de la vía. Por ello la muestra consistirá en 7 ensayos de CBR (7 moldes) como el número de muestras

totales, donde 1 molde correspondería al suelo sin modificar y los otros 6 moldes corresponderían a los porcentajes de caucho adicionado al suelo.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Para poder obtener los resultados de la subrasante al adicionar caucho reciclado de manera óptima, se asegurará que los instrumentos del laboratorio cuenten con una calibración certificada, se utilizará la técnica de la observación, para posteriormente analizar y poder comprobar las variaciones que se presentan durante y después de realizar los ensayos correspondientes, así como también tener un registro sobre lo observado.

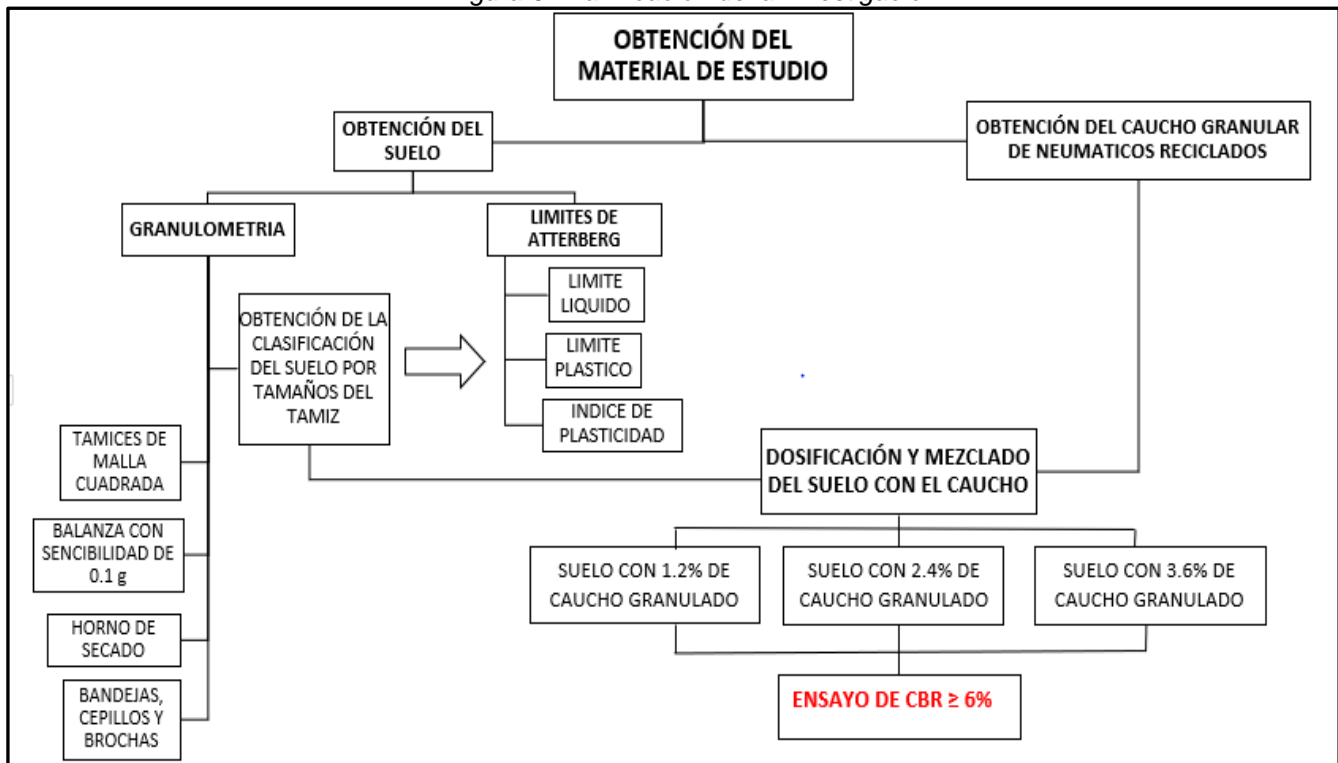
Los instrumentos para la recolección de datos serán fichas técnicas para llevar un registro de los resultados obtenidos de los ensayos, uso de programas como Microsoft Excel y Microsoft Word para interactuar y tener un mejor manejo de los datos obtenidos, así como también de fotografías que además de verificar nuestra participación servirá como medida provisional para el resguardo de los datos registrados.

Para poder obtener resultados válidos y de confiabilidad se realizarán los ensayos bajo los procedimientos y estándares del ASTM con el fin de asegurar la calidad de éstos durante su desarrollo en el laboratorio, las cuales son: 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”.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En la figura N°6 se muestra las etapas de la investigación para la obtención de la muestra de suelo y caucho granulado, para luego llevarlo al laboratorio y hacer los respectivos ensayos guiados por las normas ASTM y MTC.

Figura 6: Planificación de la Investigación



Fuente: Elaboración propia.

MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Debido a que la investigación es experimental se tomaron las siguientes indicaciones antes y durante los ensayos, con la finalidad de analizar adecuadamente los datos: Se asegurará que las maquinarias para realizar los ensayos cuenten con certificados de calibración para evitar distorsionar las interpretaciones y/o análisis de los resultados, Se hará uso de un formato para recolectar e interpretar los datos obtenidos de cada ensayo, la cual será validada por un Ingeniero con experiencia en los ensayos aplicados, Se organizarán los datos obtenidos a través del programa Excel para plasmarlos mediante gráficos y tablas comparativas respecto a la muestra alterada e inalterada.

ASPECTOS ÉTICOS

La presente investigación fue elaborada mediante el uso de artículos científicos, tesis, normas y revistas relacionadas al estudio de la adición del caucho en suelos cohesivos

para fines de uso como subrasante, tanto a nivel nacional e internacional, los cuales fueron citados debidamente a través de la normativa ISO 690, para que la realización de la investigación cumpla con los estándares de autenticidad e integridad. De la misma manera se realizaron los ensayos bajo las normativas y aspectos éticos que indica cada una de ellas, con la finalidad de no distorsionar los resultados de manera intencional.

IV. RESULTADOS

PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL

Se medirá la influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de suelos cohesivos para su uso como capa de subrasante, comparándola con el suelo sin modificar. Para llevarlo a cabo se procederá a la adición de caucho granular, en dosificaciones de 1.2%, 2.4%, 3.6%, 4.8%, 6.0% y 7.2% con respecto al peso de la muestra a ensayar. Se seleccionó este material de estudio ya que, a pesar de su reciclaje actual, ésta sigue viéndose en desmontes de basura que dañan al medio ambiente y reflejan un peligro a la salud de las personas.

Características del material y muestras a utilizar en el desarrollo de los ensayos

Caucho granular: El material se obtuvo mediante la trituración mecánica de los neumáticos en desuso provenientes de vehículos ligeros, es decir, automóviles. El cual para objeto del estudio se utilizará un tamaño de 4.5 mm – 2 mm, la cual se tamizó con ayuda de la malla N°4 y N°10 como se muestra en la Figura N°7.

Figura 7: Caucho granular retenido en tamiz N°10



Fuente: Elaboración propia.

Suelo: La muestra del suelo se obtuvo mediante calicatas a 1,5 mts de profundidad según lo establece el MTC (Manual de Transporte y Carreteras). Dichas muestras fueron extraídas de la Av. Colectora ubicada en el distrito de Ate-Vitarte.

ENSAYOS

Para demostrar los objetivos se llevó a cabo los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y resistencia a la penetración (CBR), las cuales fueron aplicadas bajo las normas ASTM y MTC.

4.1 Análisis Granulométrico

Resultados de Análisis Granulométrico – Calicata 1

En la tabla N°4 se observa el análisis granulométrico de la C-1 junto con el resumen de las partículas obtenidas en porcentajes, la cual muestra que el suelo está constituido mayormente de finos con un 66.6% de la muestra analizada.

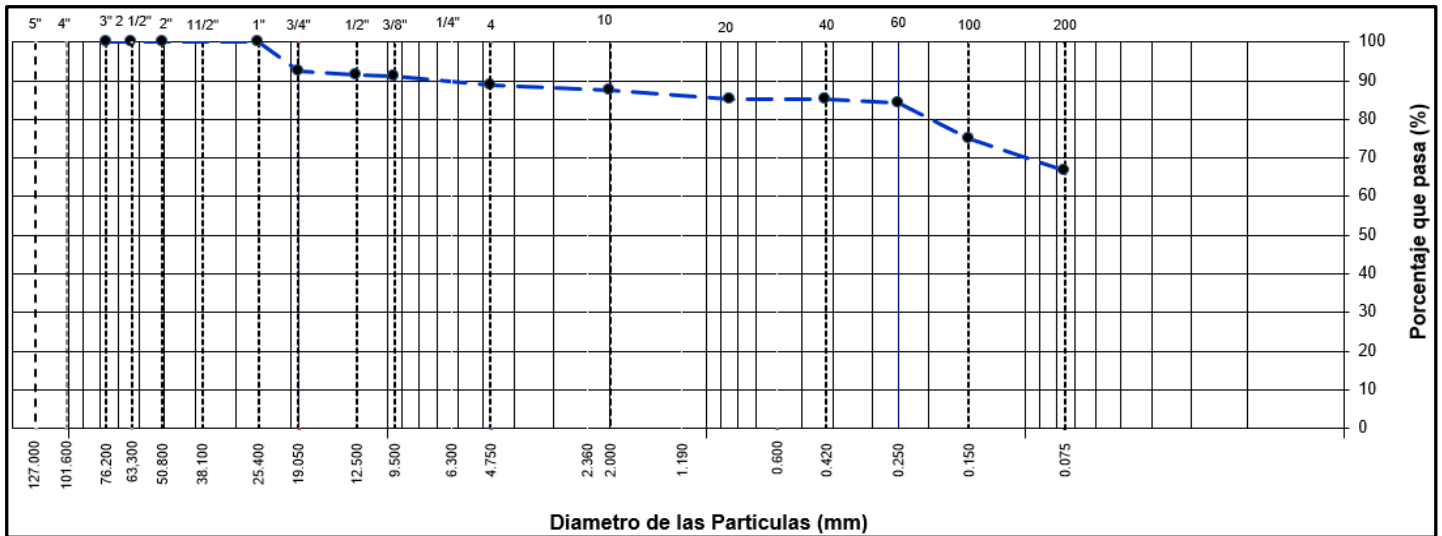
Tabla 4: Resumen del Análisis Granulométrico C-1

| TAMIZ | AASHTO T-27 | PORCENTAJE QUE PASA |
|-----------|-------------|---------------------|
| | (mm) | |
| 5" | 127.000 | 100.0 |
| 4" | 101.600 | 100.0 |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2 1/2" | 63.300 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1 1/2" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 100.0 |
| 3/4" | 19.000 | 92.6 |
| 1/2" | 12.500 | 91.5 |
| 3/8" | 9.500 | 91.2 |
| Nº 4 | 4.750 | 88.9 |
| Nº 10 | 2.000 | 87.5 |
| Nº 20 | 0.840 | 85.3 |
| Nº 40 | 0.425 | 85.2 |
| Nº 60 | 0.250 | 84.1 |
| Nº 80 | 0.177 | 84.1 |
| Nº 100 | 0.150 | 75.0 |
| Nº 200 | 0.075 | 66.6 |
| < Nº 200 | FONDO | |
| <hr/> | | |
| Grava (%) | Arena (%) | Finos (%) |
| 11.1 | 22.2 | 66.6 |

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°8 se observa la curva granulométrica de la muestra analizada. Habiendo una mayor cantidad de material retenido entre el tamiz N°60 y N° 200, indicando un mayor porcentaje de finos.

Figura 8: Curva granulométrica C-1



Fuente: Elaboración propia.

4.2 Límites de Consistencia

Resultados de límites de consistencia de la C-1, C-2 y C-3.

En la tabla N°5 se puede muestra el resumen de los ensayos de límites de Atterberg. La cual nos muestra que para la C-1 se obtuvo un índice de plasticidad media con un suelo arcilla arenosa; para la C-2 se obtuvo un índice de plasticidad baja con un suelo de grava limo arcillosa con arena y para la C-3 se obtuvo un índice de plasticidad media con un suelo grava arcillosa con arena.

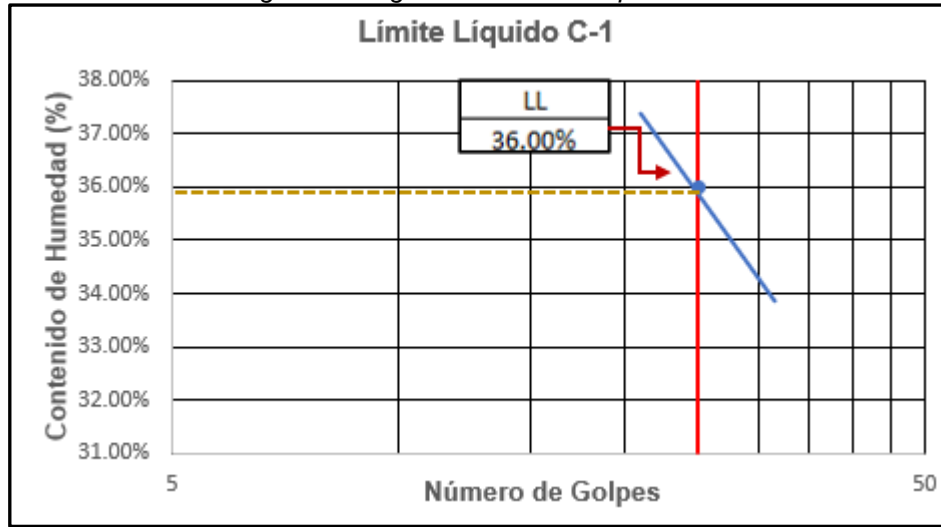
Tabla 5: Resumen de límites de Atterberg

| Puntos de Investigación / Calicatas | Límites de Atterberg | | |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| | Límite Líquido (%) | Límite Plástico (%) | Índice de plasticidad (%) |
| C-1 | 36 | 21 | 15 |
| C-2 | 28 | 21 | 7 |
| C-3 | 32 | 22 | 10 |

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°9 se presenta el diagrama del Límite líquido (LL) de la C-1, donde se obtuvo dicho valor de la muestra al realizar 25 golpes en la copa de casa grande, siendo ésta de 36%.

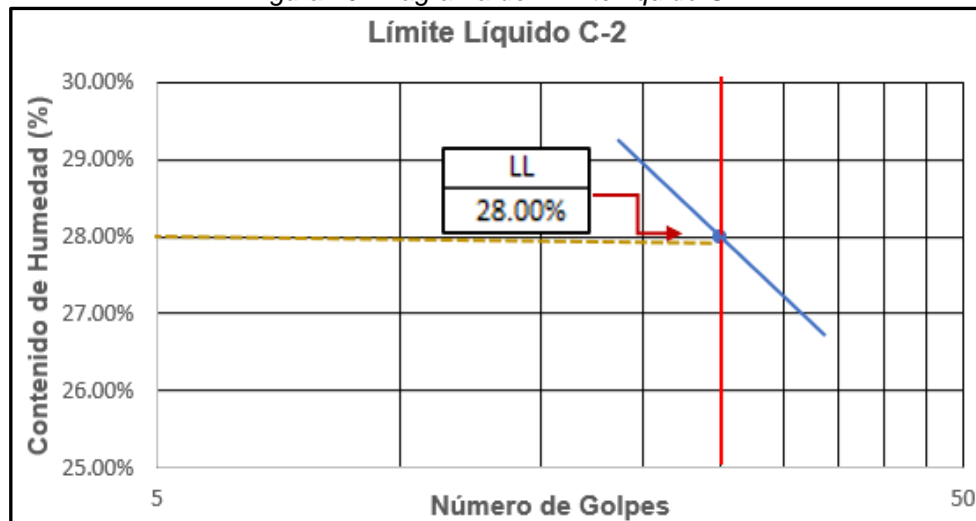
Figura 9: Diagrama del Límite líquido C-1



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°10 se presenta el diagrama de fluidez de la C-2. El presente diagrama muestra cual fue el límite líquido alcanzado de la muestra al realizar 25 golpes en la copa de casa grande, siendo ésta de 28%.

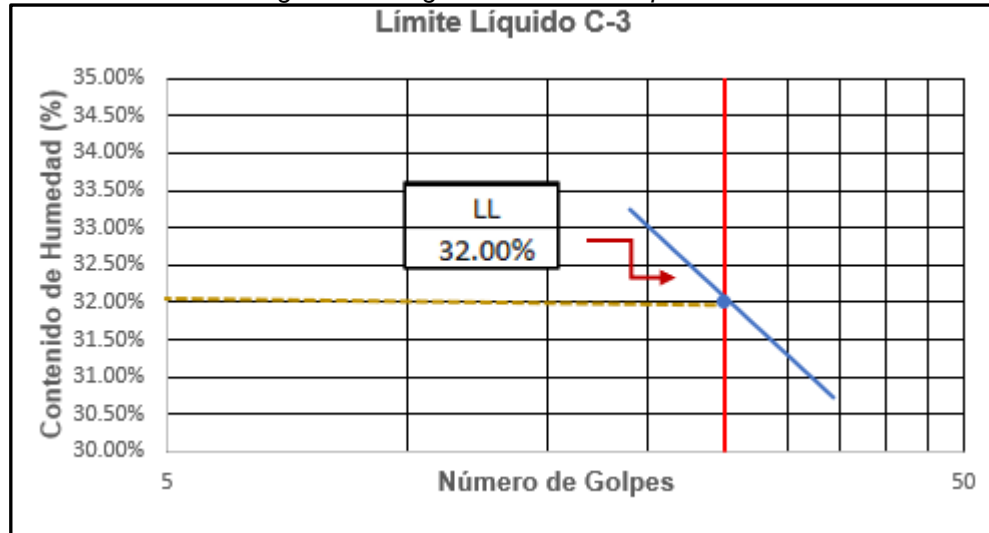
Figura 10: Diagrama del Límite líquido C-2



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°11 se presenta el diagrama de fluidez de la C-3. El presente diagrama muestra cual fue el límite líquido alcanzado de la muestra al realizar 25 golpes en la copa de casa grande, siendo ésta de 32%.

Figura 11: Diagrama del Límite líquido C-3



Fuente: Elaboración propia.

4.3 Clasificación del suelo según SUCS y AASHTO

En la presente tabla N°6 se presenta la clasificación del suelo teniendo en cuenta algunas especificaciones del punto de investigación, para la cual se tomó en cuenta las partículas de suelo pasantes de las mallas N°4, N°10, N°40 Y N°200.

Tabla 6: Clasificación SUCS

| Especificaciones | Muestras | | |
|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | C-1 | C-2 | C-3 |
| Profundidad | 1,50 m | 1,50 m | 1,50 m |
| Progresiva (Km) | Km 0+500 | Km 1+000 | Km 1+500 |
| Grava | 11.10% | 48.6% | 36.8% |
| Arena | 22.20% | 38.7% | 35.4% |
| Finos | 66.60% | 12.7% | 27.9% |
| Contenido de Humedad | 8.00% | 7.9% | 8.8% |
| Límite Líquido | 36% | 28% | 32% |
| Límite Plástico | 21% | 21% | 22% |
| Índice de Plasticidad | 15% | 7% | 10% |
| Clasificación SUCS | CL | GC-GM | GC |
| Clasificación AASHTO | A - 6 (8) | A-2-4 (0) | A-2-4(0) |
| Nombre de la clasificación | Arcilla arenosa de baja plasticidad | Grava limo arcillosa con arena | Grava arcillosa con arena |

Fuente: Elaboración propia.

Se observa entonces de la tabla anterior que la C-1 muestra una mayor cantidad de partículas finas del 66.6% y un Límite líquido del 36% siendo clasificada como un suelo

de arcilla arenosa de baja plasticidad (CL) según SUCS y un suelo del grupo A-6 (8) según AASHTO, mientras que en la C-2 se obtiene un suelo de grava limo arcillosa con arena con una clasificación GC-GM según SUCS y con un grupo A-2-4 (0), y la C-3 muestra una grava arcillosa con arena clasificada como GC y con un grupo de A.2.4(0). Se muestra en la tabla N°7 la clasificación SUCS Y AASHTO de manera resumida.

Tabla 7: Clasificación SUCS y AASHTO

| Clasificación y Denominación del suelo | C1 | C2 | C3 |
|--|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Clasificación SUCS | CL | GC-GM | GC |
| Clasificación AASHTO | A - 6 (8) | A-2-4 (0) | A-2-4(0) |
| Nombre de la clasificación | Arcilla arenosa de baja plasticidad | Grava limo arcillosa con arena | Grava arcillosa con arena |

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Selección de la Muestra y/o Punto de Investigación a ensayar

De los 3 puntos de investigación analizados se procederá a realizar los ensayos del Proctor y Resistencia a la penetración (CBR) a la C-1, ya que el tipo de suelo obtenido cumple y se relaciona de manera más explícita con los objetivos de la investigación, teniendo en cuenta que en estudios mencionados anteriormente un tipo de suelo como el de la C-2 y C-3 suelen tener una categoría de subrasante buena de manera que, tras la adición del caucho, resultan tener una disminución en el porcentaje del CBR debido a la falta de cohesividad entre sus partículas.

El seleccionar solo la C-1 para la demostración de nuestros objetivos nos permitió aumentar la cantidad de dosificaciones del caucho granulado agregadas al suelo, y así poder obtener una información más amplia y detallada, además de aumentar las posibilidades de determinar el porcentaje de adición de caucho granular óptimo para un suelo con características similares.

4.5 Proctor Modificado

En la tabla N°8 y figura N°12 se muestra los resultados obtenidos del Proctor modificado aplicado a la C-1 mediante una curva de relación Máxima densidad seca -

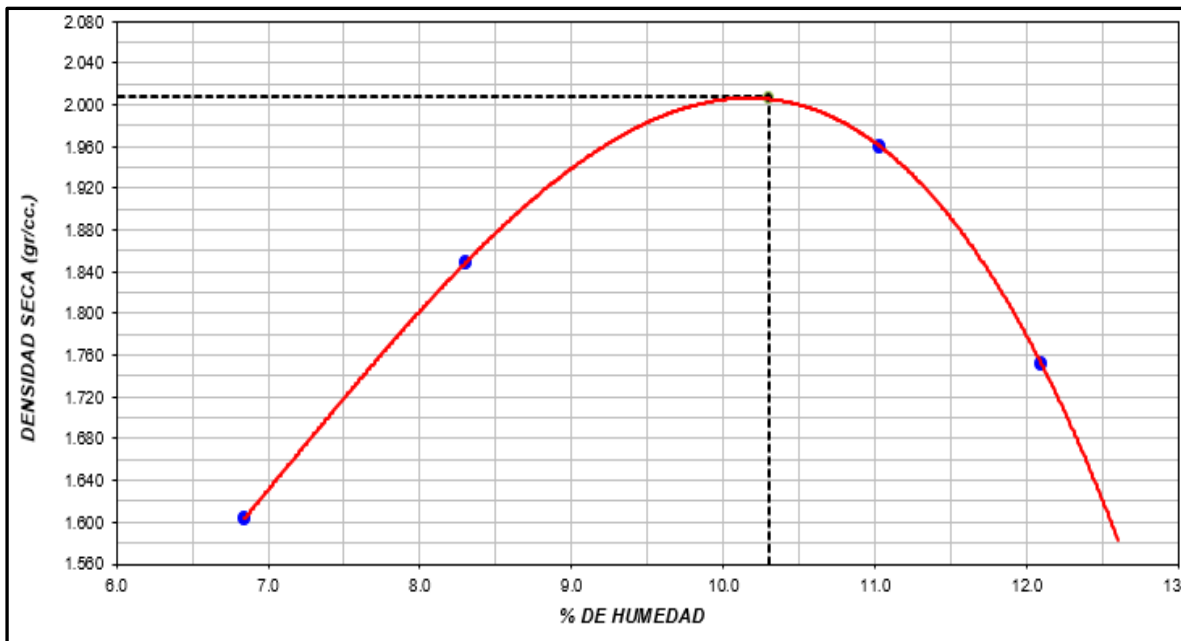
% de Óptimo contenido de humedad, la cual nos indica que el OCH para que la muestra pueda ser compactada es de 10.3% y que la MDS es de 2.008 gr/cm³.

Tabla 8: Valores de Máxima densidad seca y Óptimo contenido de Humedad

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Máxima densidad seca | 2.008 gr/cm ³ |
| Óptimo contenido de humedad | 10.3% |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12: Ensayo de Proctor Modificado C-1



Fuente: Elaboración propia.

4.6 Ensayos de la Resistencia a la Penetración (CBR)

Resistencia a la penetración (CBR) – Suelo Natural

En la tabla N°9 se muestra los diferentes porcentajes de CBR obtenidos al compactar la muestra a 56,25 y 12 golpes con una MDS del 95% y 100%, así como también se muestra el CBR obtenido al penetrar una profundidad de 0.1” y 0.2”.

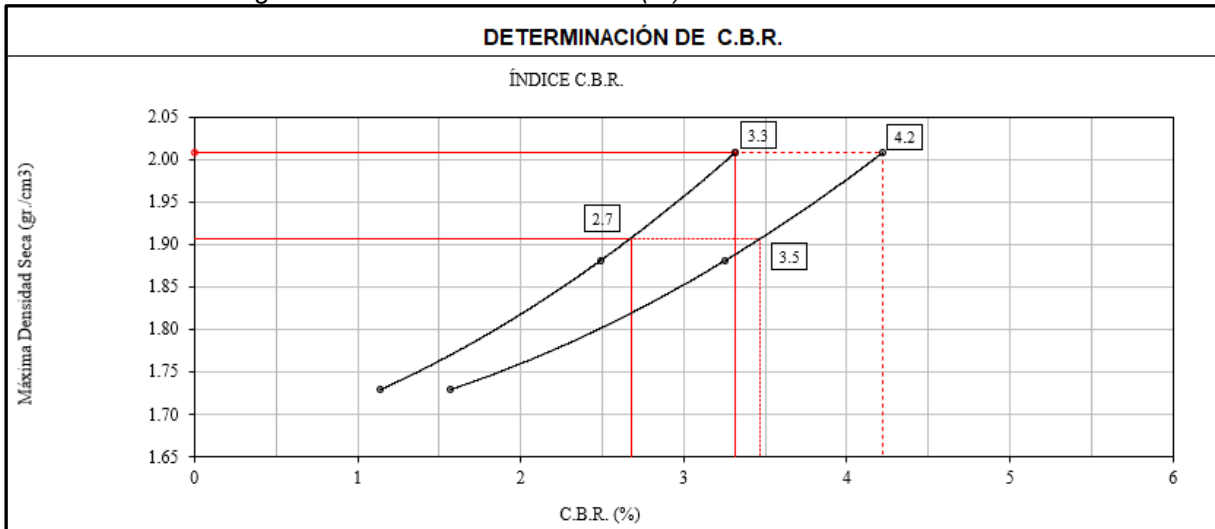
Tabla 9: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S

| CBR | | |
|---------------|-----------|------------|
| | 95% M.D.S | 100% M.D.S |
| Prof. de 0.1" | 2.7% | 3.3% |
| Prof. de 0.2" | 3.5% | 4.2% |

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°13 se presenta la curva de relación C.B.R (%) – Máxima densidad seca (gr/cm^3), la cual nos permite identificar el valor obtenido de manera más clara. Concluyendo que el CBR del suelo estudiado al 95% de su MDS obtuvo un valor de 2.7%, categorizándola según el MTC (Sección suelos, geología y pavimentos) como una Subrasante inadecuada ya que tiene el CBR menor al 3%.

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



Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la Penetración (CBR) – Suelo + Caucho 1.2%

En la figura N°14 se muestra el caucho granulado ya pesado en la balanza tomando como referencia el 1.2% del peso de la muestra de suelo.

Figura 14: Caucho granular en 1.2% respecto al peso de la muestra



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°10 se muestra el CBR obtenido tras adicionar 1.2% de caucho granular al suelo referido al 95% de la MDS y penetrada a una profundidad de 0.1" y 0.2".

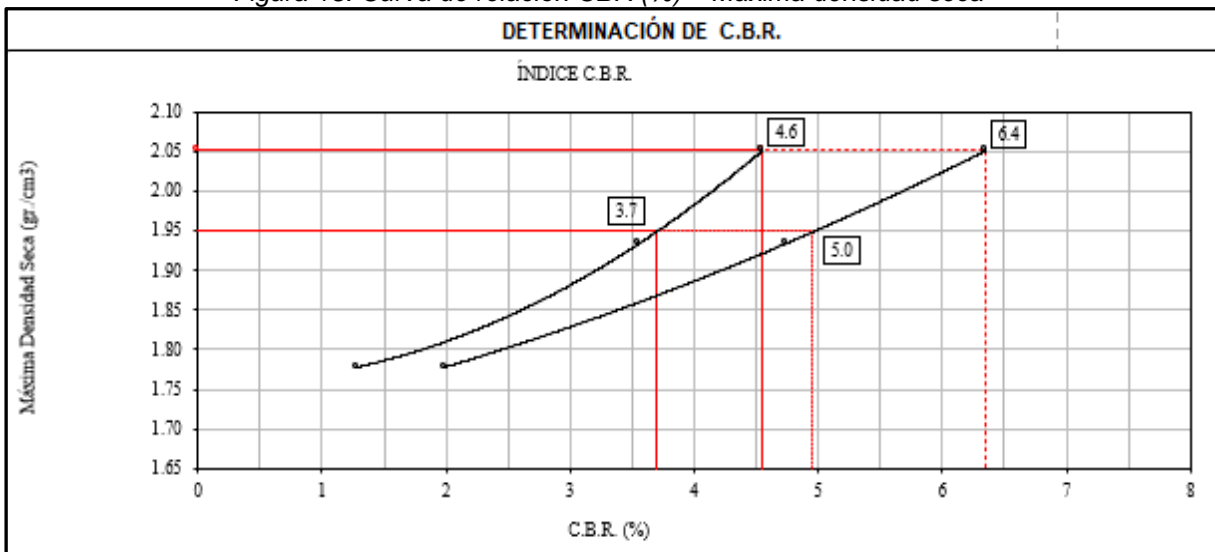
Tabla 10: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S

| CBR | | |
|---------------|-----------|------------|
| | 95% M.D.S | 100% M.D.S |
| Prof. de 0.1" | 3.7% | 4.6% |
| Prof. de 0.2" | 5.0% | 6.4% |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados mostrados en la figura N°15 se puede observar que hubo un pequeño incremento en el porcentaje del CBR referido al 95% de la MDS, cuyo valor obtenido fue del 3.7%.

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



Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la Penetración (CBR) – Suelo + Caucho 2.4%

En la figura N°16 se muestra el caucho granulado ya pesado en la balanza tomando como referencia el 2.4% del peso de la muestra de suelo.

Figura 16: Caucho granular en 2.4% respecto al peso de la muestra



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra en la tabla N°11 los diferentes valores que se obtuvieron al ensayar el suelo con una adición del 2.4% de caucho granulado teniendo en cuenta la profundidad penetrada de la muestra y la Máxima densidad seca al 95% y 100%.

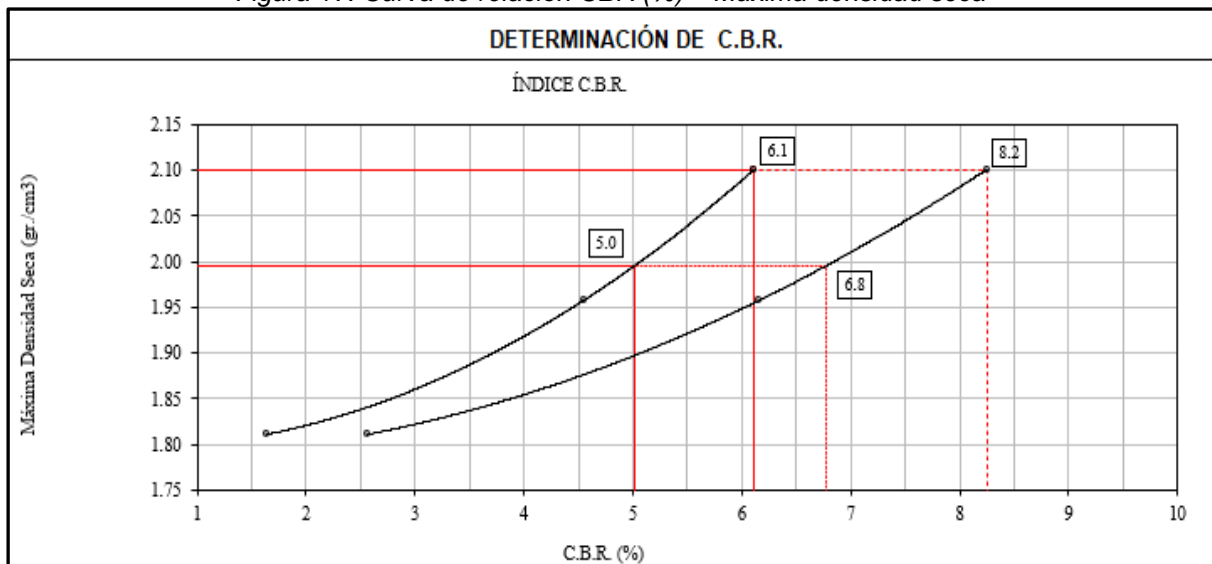
Tabla 11: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S

| CBR | | |
|---------------|-----------|------------|
| | 95% M.D.S | 100% M.D.S |
| Prof. de 0.1" | 5.0% | 6.1% |
| Prof. de 0.2" | 6.8% | 8.2% |

Fuente: Elaboración propia.

De la figura N°17 se observa que el CBR obtenido al 95% de la MDS es de 5.0%, cuya categorización según el MTC (Sección suelos, geología y pavimentos) resulta ser una Subrasante insuficiente y no puede ser usada como subrasante a pesar de presentar un valor mayor al del suelo natural, ya que necesita un CBR mayor o igual al 6%.

Figura 17: Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca



Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la Penetración (CBR) – Suelo + Caucho 3.6%

En la figura N°18 se muestra el caucho granulado ya pesado en la balanza tomando como referencia el 3.6% del peso de la muestra de suelo.

Figura 18: Caucho granular en 3.6% respecto al peso de la muestra



Fuente: Elaboración propia.

De la tabla N°12 se observó que al ensayar el suelo natural con la adición del 3.6% se obtuvo los siguientes datos teniendo en cuenta la profundidad penetrada de la muestra y la MDS al 95% y 100%.

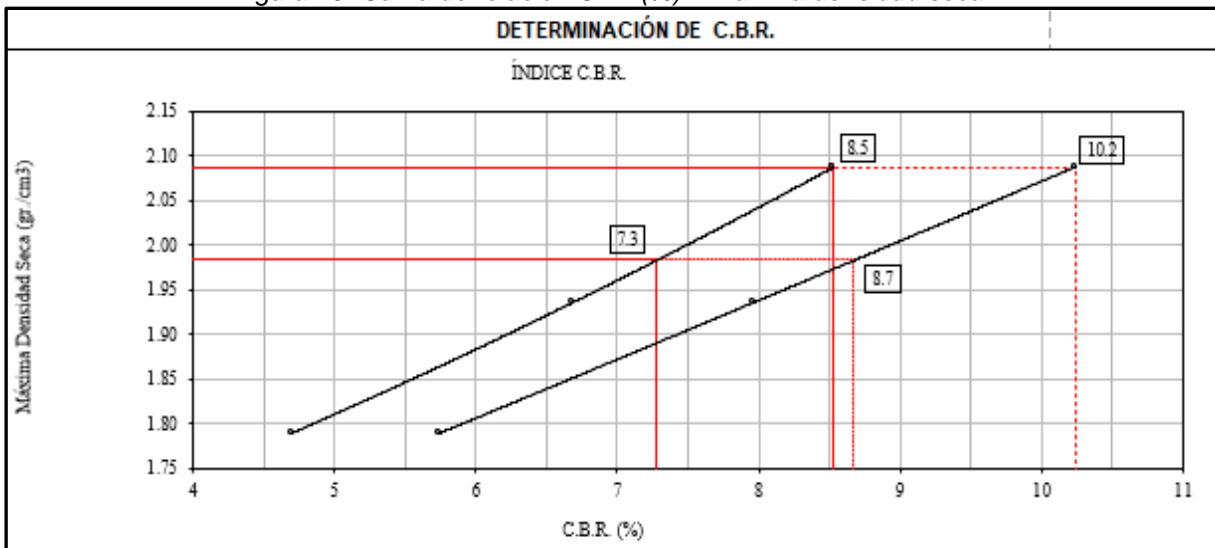
Tabla 12: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S

| CBR | | |
|---------------|-----------|------------|
| | 95% M.D.S | 100% M.D.S |
| Prof. de 0.1" | 7.3% | 8.5% |
| Prof. de 0.2" | 8.7% | 10.2% |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar de la figura N°19 que al haber aumentado un 3.6% de caucho granular se obtuvo un CBR del 7.3%, la cual obtuvo una categorización de Subrasante regular de acuerdo al MTC.

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



Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la Penetración (CBR) – Suelo + Caucho 4.8%

De la tabla N°13 se observó que al ensayar el suelo natural con la adición de 4.8% se obtuvo los siguientes datos teniendo en cuenta la profundidad penetrada de la muestra y la MDS al 95% y 100%.

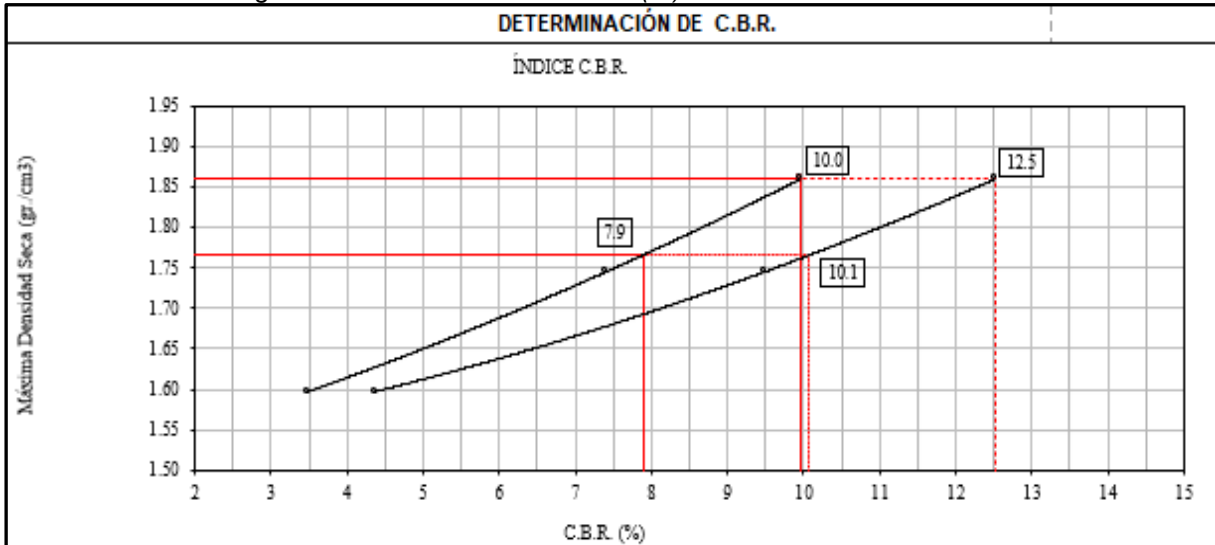
Tabla 13: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S

| CBR | | |
|---------------|-----------|------------|
| | 95% M.D.S | 100% M.D.S |
| Prof. de 0.1" | 7.9% | 10.0% |
| Prof. de 0.2" | 10.1% | 12.5% |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar de la figura N°20 que al haber aumentado un 4.8% de caucho granular se obtuvo un CBR del 7.9%, la cual se mantiene en una categorización de Subrasante regular de acuerdo al MTC.

Figura 20: Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca



Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la Penetración (CBR) – Suelo + Caucho 6.0%

De la tabla N°14 se observó que al ensayar el suelo natural con la adición de 6.0% se obtuvo los siguientes datos teniendo en cuenta la profundidad penetrada de la muestra y la MDS al 95% y 100%.

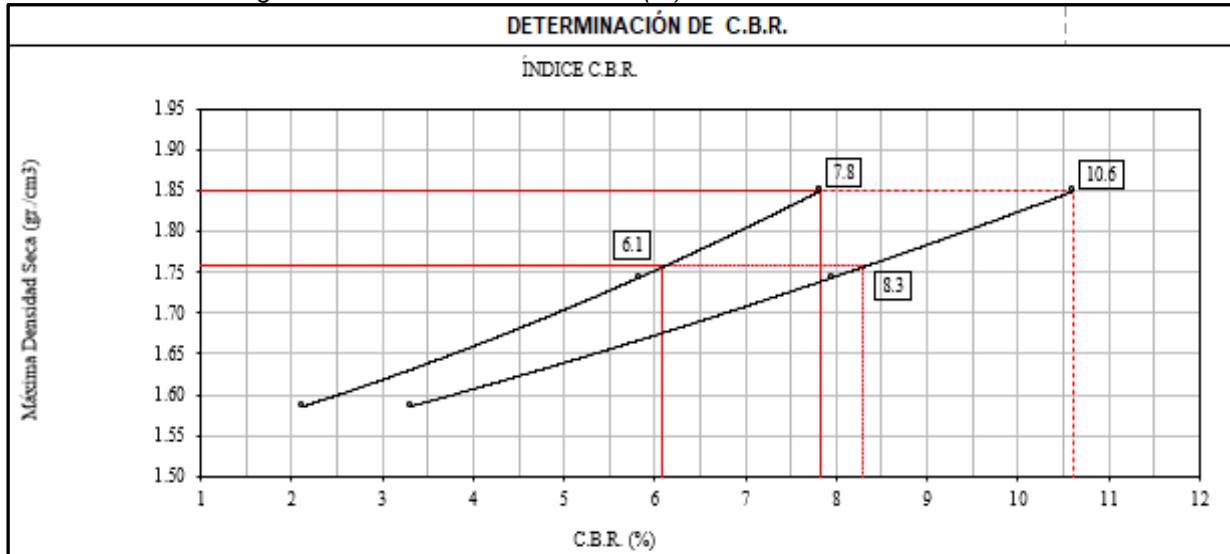
Tabla 14: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S

| CBR | | |
|---------------|-----------|------------|
| | 95% M.D.S | 100% M.D.S |
| Prof. de 0.1" | 6.1% | 7.8% |
| Prof. de 0.2" | 8.3% | 10.6% |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar de la figura N°21 que al haber aumentado un 6.0% de caucho granular se obtuvo un CBR del 6.1%, la cual se mantiene en una categorización de Subrasante regular de acuerdo al MTC.

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



Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la Penetración (CBR) – Suelo + Caucho 7.2%

De la tabla N°15 se observó que al ensayar el suelo natural con la adición de 7.2% se obtuvo los siguientes datos teniendo en cuenta la profundidad penetrada de la muestra y la MDS al 95% y 100%.

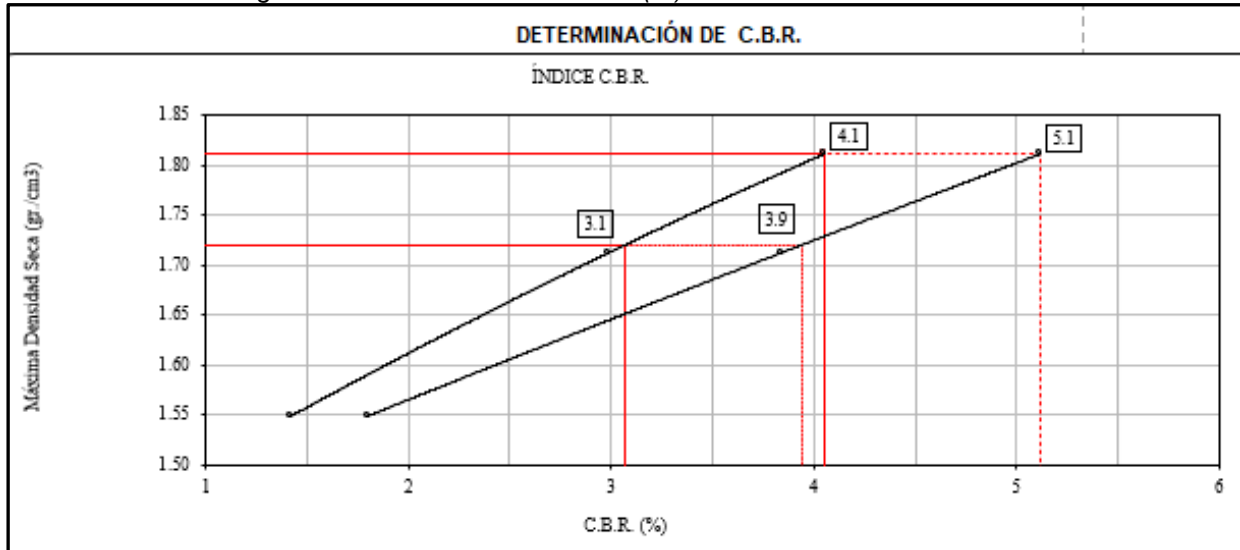
Tabla 15: CBR obtenido al 95% y 100% de la M.D.S

| CBR | | |
|---------------|-----------|------------|
| | 95% M.D.S | 100% M.D.S |
| Prof. de 0.1" | 3.1% | 4.1% |
| Prof. de 0.2" | 3.9% | 5.1% |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar de la figura N°22 que al haber aumentado un 7.2% de caucho granular se obtuvo un CBR del 3.1%, la cual cambia a una categorización de Subrasante insuficiente de acuerdo al MTC.

Figura 22: Curva de relación CBR (%) – Máxima densidad seca

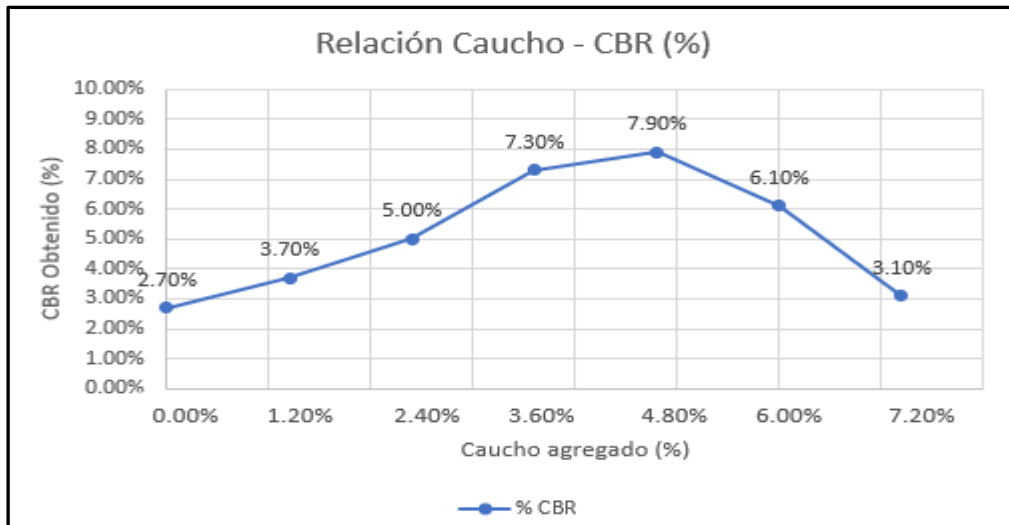


Fuente: Elaboración propia.

4.7 Resumen de resultados obtenidos

En la figura N°23 se muestra los valores del CBR tras la adición de caucho granular mediante una curva de relación Caucho – CBR (%), la cual nos permite interpretar que conforme se aumenta el porcentaje del caucho también se logra aumentar el porcentaje del CBR hasta un total del 7.9%. Sin embargo, este aumento solo se da hasta agregar una dosificación del 4.8% de caucho granular, ya que al agregar mayores cantidades el CBR disminuye.

Figura 23: Curva de valores obtenidos (CBR) tras la combinación Suelo - Caucho



Fuente: Elaboración propia.

4.8 Contratación de la hipótesis

Para poder contrastar la hipótesis será necesario calcular la "T" de student, el cual el programa IBM SPSS Statistics hace de manera automática. Sin embargo, en la tabla N°16 se muestra la fórmula para hallarla y la descripción de cada uno de sus elementos:

Tabla 16: Cálculo para la obtención de "T" de student

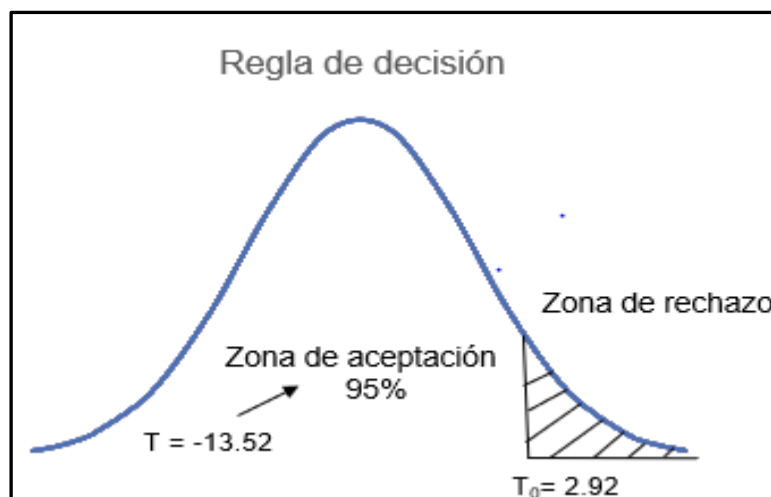
| | |
|---|--|
| <p>Se tiene:</p> $T = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2}{\sigma_p * \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$ | <p>Siendo:</p> $\sigma_p = \sqrt{\frac{SC_1}{N_1} + \frac{SC_2}{N_2 - 2}}$ |
| <p>Donde:</p> <p>T= Valor de t de student.</p> <p>\bar{X}_1=Valor promedio del grupo 1.</p> <p>\bar{X}_2= Valor promedio del grupo 2.</p> <p>σ_p=Desviación estándar ponderada.</p> <p>N= Tamaño de la muestra de cada grupo.</p> | <p>Donde:</p> <p>SC= Suma de cuadrados de cada grupo.</p> <p>N= Tamaño de la muestra de cada grupo</p> |

Fuente: Elaboración propia

Es necesario mencionar, que la fórmula dada anteriormente es usada para hallar la “T” de student únicamente para muestras independientes, ya que existen otras fórmulas dependiendo de las muestras, ya sean para muestras correlacionadas o de una sola muestra.

En la figura N°24 se muestra el valor calculado para “T”, y así poder aceptar o rechazar la hipótesis de acuerdo al rango en el que se encuentre su valor, tomando como referencia la muestra de suelo con 1.2% de caucho.

Figura 24: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra a continuación las hipótesis planteadas para luego tomar una decisión de acuerdo a los valores estadísticos obtenidos:

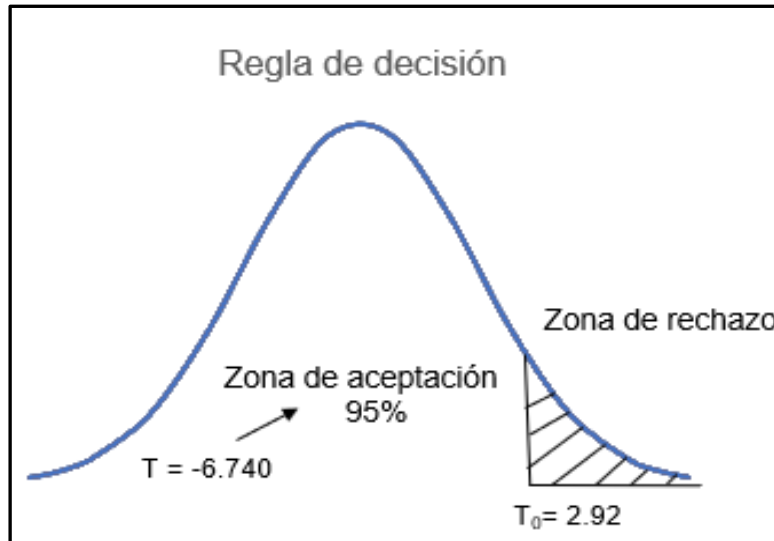
$H_0 = 6\%$ CBR: Las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos no mejoran al adicionar caucho granular.

$H_a > 6\%$ CBR: Las características mecánicas de la subrasante si mejoran al adicionar caucho granular.

Debido a que “T” se encuentra dentro de la zona de aceptación y es un valor inferior al de “ T_0 ”, se acepta la hipótesis nula, y se concluye estadísticamente que las características mecánicas de la subrasante no mejoran al adicionar caucho granular.

En la figura N°25 se muestra el valor calculado para “T”, y así poder aceptar o rechazar la hipótesis de acuerdo al rango en el que se encuentre su valor, tomando como referencia la muestra de suelo con 2.4% de caucho.

Figura 25: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra a continuación las hipótesis planteadas para luego tomar una decisión de acuerdo a los valores estadísticos obtenidos:

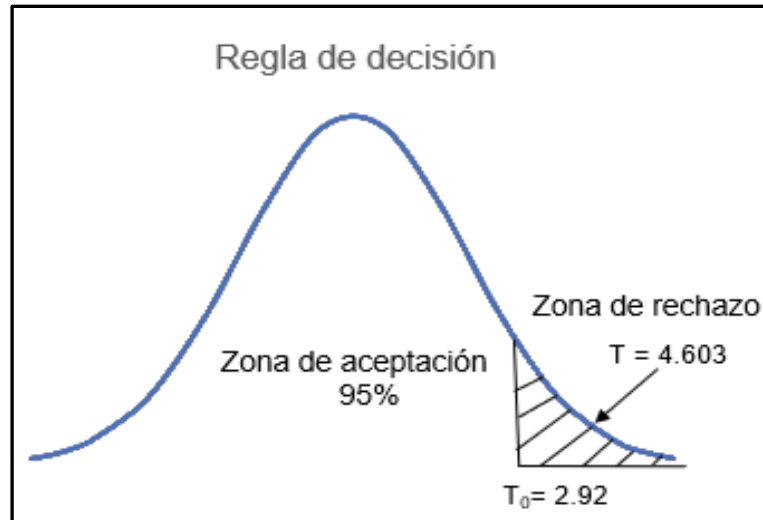
$H_0 = 6\%$ CBR: Las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos no mejoran al adicionar caucho granular.

$H_a > 6\%$ CBR: Las características mecánicas de la subrasante si mejoran al adicionar caucho granular.

Debido a que “T” se encuentra dentro de la zona de aceptación y es un valor inferior al de “ T_0 ”, se acepta la hipótesis nula, y se concluye estadísticamente que las características mecánicas de la subrasante no mejoran al adicionar caucho granular.

En la figura N°26 se muestra el valor calculado para “T”, y así poder aceptar o rechazar la hipótesis de acuerdo al rango en el que se encuentre su valor, tomando como referencia la muestra de suelo con 3.6% de caucho.

Figura 26: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra a continuación las hipótesis planteadas para luego tomar una decisión de acuerdo a los valores estadísticos obtenidos:

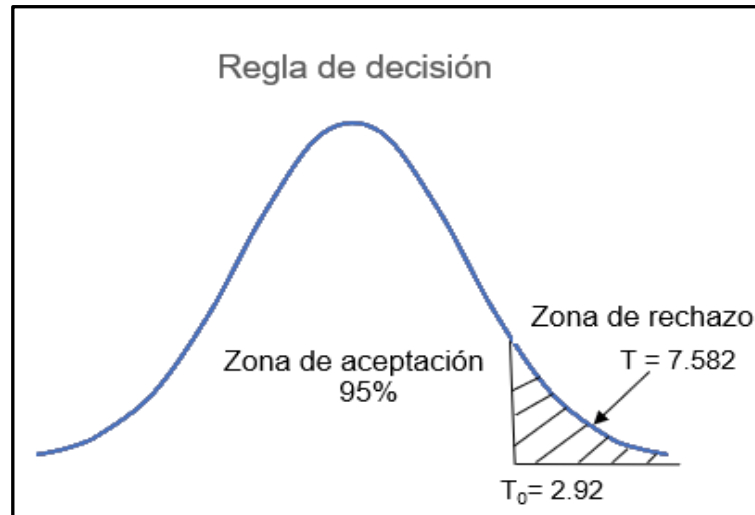
$H_0 = 6\%$ CBR: Las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos no mejoran al adicionar caucho granular.

$H_a > 6\%$ CBR: Las características mecánicas de la subrasante si mejoran al adicionar caucho granular.

Debido a que “T” se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo, se rechaza la hipótesis nula, y se concluye estadísticamente que las características mecánicas de la subrasante si mejoran al adicionar caucho granular.

En la figura N°27 se muestra el valor calculado para “T”, y así poder aceptar o rechazar la hipótesis de acuerdo al rango en el que se encuentre su valor, tomando como referencia la muestra de suelo con 4.8% de caucho, ya que ésta fue el óptimo contenido de caucho realizado y superó el 6% de CBR que debe tener como mínimo una subrasante según el MTC.

Figura 27: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra a continuación las hipótesis planteadas para luego tomar una decisión de acuerdo a los valores estadísticos obtenidos:

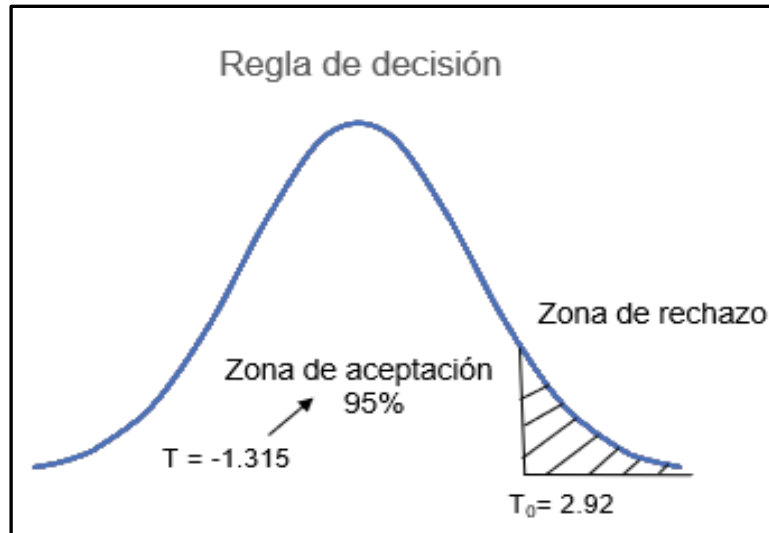
$H_0 = 6\% \text{ CBR}$: Las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos no mejoran al adicionar caucho granular.

$H_a > 6\% \text{ CBR}$: Las características mecánicas de la subrasante si mejoran al adicionar caucho granular.

Debido a que “T” se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo, se rechaza la hipótesis nula, y se concluye estadísticamente que las características mecánicas de la subrasante si mejoran al adicionar caucho granular.

En la figura N°28 se muestra el valor calculado para “T”, y así poder aceptar o rechazar la hipótesis de acuerdo al rango en el que se encuentre su valor, tomando como referencia la muestra de suelo con 6.0% de caucho.

Figura 28: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra a continuación las hipótesis planteadas para luego tomar una decisión de acuerdo a los valores estadísticos obtenidos:

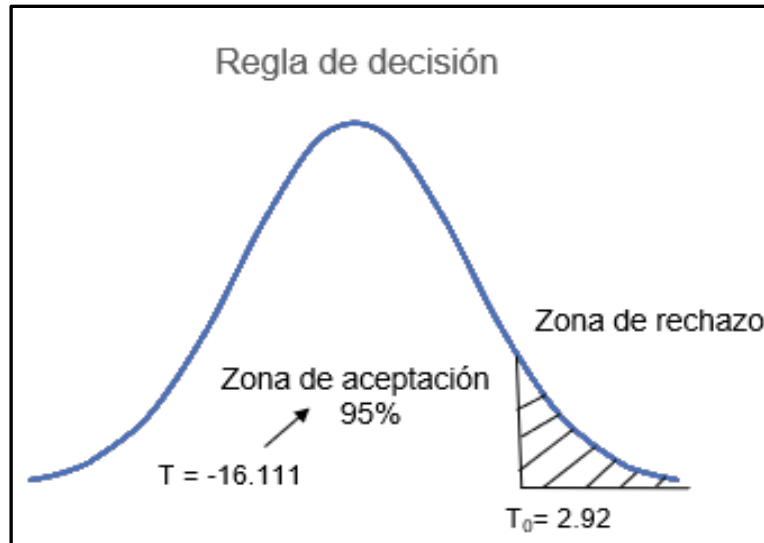
$H_0 = 6\%$ CBR: Las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos no mejoran al adicionar caucho granular.

$H_a > 6\%$ CBR: Las características mecánicas de la subrasante si mejoran al adicionar caucho granular.

Debido a que “T” se encuentra dentro de la zona de aceptación y es un valor inferior al de “ T_0 ”, se acepta la hipótesis nula, y se concluye estadísticamente que las características mecánicas de la subrasante no mejoran al adicionar caucho granular.

En la figura 29 se muestra el valor calculado para “T”, y así poder aceptar o rechazar la hipótesis de acuerdo al rango en el que se encuentre su valor, tomando como referencia la muestra de suelo con 7.2% de caucho.

Figura 29: Campana de Gauss para contrastación de hipótesis



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra a continuación las hipótesis planteadas para luego tomar una decisión de acuerdo a los valores estadísticos obtenidos:

$H_0 = 6\%$ CBR: Las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos no mejoran al adicionar caucho granular.

$H_a > 6\%$ CBR: Las características mecánicas de la subrasante si mejoran al adicionar caucho granular.

Debido a que “T” se encuentra dentro de la zona de aceptación y es un valor inferior al de “ T_0 ”, se acepta la hipótesis nula, y se concluye estadísticamente que las características mecánicas de la subrasante no mejoran al adicionar caucho granular.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Abhinav (2015) En sus resultados concluye que tras adicionar 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 podemos afirmar que el adicionar caucho granular mejora las características mecánicas de suelos cohesivos. Sin embargo, se ha de tener en cuenta que se obtuvo una mejor resistencia a la penetración (7.3%) utilizando un caucho granular de 4.5 mm a 2 mm con dosificación del 3.6%, mientras que, el autor obtuvo una resistencia del 3.5% utilizando caucho triturado de 0.42 mm con dosificación del 10%.
2. Alvarez y Gutierrez (2019) En su investigación concluyen que el 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. Por lo que según los resultados obtenidos en la investigación podemos afirmar que la adición de caucho granular aumenta la resistencia a la penetración, mejora la categoría del suelo para ser usada como subrasante, pasando de una subrasante inadecuada a una regular, y que puede lograr mejores resultados con un tamaño de 2 mm a 0.075 mm de acuerdo a los autores.
3. Subramanian y Jeyapriya (2009) De acuerdo a sus resultados obtenidos determinan que la resistencia a la penetración (CBR) disminuye ligeramente a medida que se le aumenta los porcentajes de caucho triturado al suelo arcilloso de media plasticidad, utilizando un tamaño pasante del tamiz de 2.36 mm. Por lo que según los resultados obtenidos no se llega a cumplir ya que tras emplear caucho granulado con tamaño de 4.5 mm a 2 mm se llega a mejorar la

resistencia de la penetración (CBR). Sin embargo, ha de tener en cuenta que el tamaño del caucho empleado de acuerdo a los autores es de 2.36 mm y que la reducción del óptimo contenido de humedad si se cumple a medida que se le aumenta los porcentajes de caucho.

VI. CONCLUSIONES

1. La hipótesis general planteada se cumplió de acuerdo a los resultados obtenidos ya que tras la adición de caucho granular en el suelo cohesivo se pudo notar una mejoría en sus características mecánicas y como consecuencia, una mejor categoría de subrasante, otorgando una mayor resistencia al suelo a las deformaciones del tránsito vehicular.
2. Se llegó a cumplir la primera hipótesis específica ya que al adicionar porcentajes de 3.6% y 4.8% de caucho granular al suelo se pudo observar una mejor resistencia a la penetración, pasando del 2.7% de CBR para el suelo natural a un 7.9% de CBR para la combinación de suelo y caucho, logrando un incremento en el CBR en un 5.2% como máximo.
3. Se cumplió también la segunda hipótesis específica ya que el adicionar caucho granular se obtuvo un suelo de categoría regular ($\text{CBR} \geq 6\%$ y $\leq 10\%$), la cual quiere decir que puede ser usado como subrasante; mientras que la categoría del suelo natural resultó como la de una subrasante inadecuada ($\text{CBR} < 3\%$) ya que no cumplió con los parámetros mínimos establecidos por el MTC (Manual de Transportes y Carreteras).
4. Se cumplió la tercera hipótesis específica ya que la dosificación de caucho granular, la cual dio un mayor porcentaje del CBR, fue la del 4.8%. Obteniendo una resistencia a la penetración (CBR) del 7.9% al 95% de su Máxima densidad seca (MDS).

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar porcentajes de caucho hasta un máximo del 10%, y que la variación entre porcentajes no exceda el 2%, ya que se podrá obtener con mayor exactitud el óptimo contenido de caucho para la mejora de un suelo cohesivo.
- Se recomienda hacer un análisis comparativo respecto a los costos que implicaría utilizar el caucho y otros tipos de estabilizadores como la cal, y así dar una mayor importancia a la investigación para el uso del caucho.
- Se recomienda hacer un mínimo de 3 ensayos por cada dosificación de caucho agregado para así utilizar un promedio de éstos y obtener una mejor significancia estadística al usar el programa SPSS.
- Se recomienda tamizar el caucho granulado y emplear un solo tamaño, ya que ayudará a conocer y comparar con exactitud cuál fue el tamaño óptimo aplicado en otras investigaciones.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABHINAV, Rawat. Effect on soil properties upon the addition of crumb rubber. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Kurukshetra: National Institute of Technology, 2015.
Disponible en <http://14.139.60.7:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/991/TH-3791.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- AL-NEAMI, Mohammed. Stabilization of Sandy soil using recycle waste tire chips. International Journal of Geomate [en línea]. Vol. 15, 2018 [fecha de consulta: 02 de junio de 2020].
Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Mohammed_Al-Neami2
ISSN: 2186 – 2990

- ALVAREZ, Nicols y GUTIERREZ, Julio. 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, 2019.
Disponible en <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648723>

- ARAUJO, William. 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, 2014.
Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI_208.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- ARIAS, Fidas. El proyecto de investigación. Introducción a la metodología [en línea]. 6.ª ed. Venezuela: Editorial episteme. 2012 [fecha de consulta: 14 de junio de 2020].
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, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros [en línea]. Chiclayo, 2012 [fecha de consulta: 14 de junio de 2020].
Disponible en: https://libreriafavorita.blogspot.com/2017/09/metodologia-de-la-investigacion_20.html

- CASTRO, Guillermo. Reutilización, Reciclado y disposición Final de neumáticos [en línea]. Departamento de Ingeniería Mecánica, 2007 [fecha de consulta: 10 de mayo de 2020].
Disponible en https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Numatico.pdf

- CUSQUISIBÁN, Wilder. 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, 2014.
Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/685>

- DELARZE, Paulina. Reciclaje de neumáticos y su aplicación en la construcción. Tesis (Título profesional en Ingeniero Constructor). Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2008.
Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfid339r/doc/bmfid339r.pdf>

- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Maria. Metodología de la Investigación [en línea]. 6.^a ed. México: McGraw-Hill, 2014 [fecha de consulta: 14 de junio de 2020].
Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
ISBN: 978-1-4562-2396-0

- METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN por Humberto Ñaupas [et al.], [en línea]. Bogotá: Ediciones de la U, 2014 [fecha de consulta: 14 de junio de 2020].
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

- 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

- MOHEDAZ, Margarita y MORENO, Alberto. Apertura y mantenimiento de vías forestales [en línea]. España: Ediciones paraninfo S.A., 2014 [fecha de consulta: 14 de junio de 2020].
Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=SRINBQAAQBAJ&hl=es&source=gbs_navlinks_s
ISBN: 9788428398626

- PELÁEZ, Gabriel, VELÁSQUEZ, Sandra y GIRALDO, Diego. Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. Ciencia e Ingeniería Neogranadina [en línea]. Vol. 27, 2017 [fecha de consulta: 28 de abril de 2020]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91150559002>

- SIERRA, Gina. Caucho conflicto y cultura en la amazonia Noroeste: Colombia, Ecuador y Perú en el Putumayo, Caquetá y Napo [en línea]. Revista credencial, N° 262, 2011 [fecha de consulta: 12 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-262/la-fiebre-del-caucho-en-colombia>

- SUBRAMANIAN, R y JEYAPRIYA, S. Study on effect of waste tyres in flexible pavement system. Indian Geotechnical Society [en línea]. 2009 [fecha de consulta: 15 de abril de 2020]. Disponible en https://gndec.ac.in/~igs/ldh/conf/2009/articles/T04_05.pdf

- SWARNA, Surya y PALERU, 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, 2015 [fecha de consulta: 02 de Junio de 2020]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/281469406_Stabilization_of_Subgrade_soil_of_Highway_Pavement_using_Waste_Tyre_Pieces
ISSN: 2319 – 8753

- TEJELA, Juan. Neumáticos fuera de uso en carreteras. Revista interempresas [en línea]. 21 de mayo, 2013 [fecha de consulta: 4 de junio de 2020]. Disponible en <https://www.interempresas.net/Automocion/Articulos/109593-El-caucho-de-neumaticos-fuera-de-uso-en-carreteras.html>

- TERZAGHI, Karl y PECK, Ralph. Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica [en línea]. 2.^a ed. España: El Ateneo, 1973 [fecha de consulta: 02 de julio de 2020]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI_208.pdf?sequence=1&isAllowed=y
ISBN: 84-7021-020-3

IX. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

Anexo 3: Resultados de Turnitin

Anexo 4: Resultados de ensayos

Anexo 5: Validación de instrumentos

Anexo 6: Panel fotográficos

Anexo 1: Matriz de Consistencia

| MATRIZ DE CONSISTENCIA | | | | | | |
|--|--|--|--|-------------------------|--|--|
| Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020. | | | | | | |
| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general | Variable independiente | Dimensiones | Indicadores | Metodología |
| ¿Cuál será la influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos? | Determinar la influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos. | Las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos mejoran al adicionar caucho granular. | Caucho granular | Cantidad | Adición en porcentaje: 1.2%, 2.4%, 3.6%, 4.8%, 6.0% y 7.2%. | Diseño de investigación |
| | | | | Características físicas | (% Pasante del tamiz N°4 y retenido en el tamiz N°10 Densidad: 0.4 - 0.6 gr/cm ³ | Cuasi experimental |
| | | | | | | Tipo de investigación |
| | | | | | | Aplicada |
| Enfoque | | | | | | |
| Problemas específicos | Objetivos específicos | Hipotesis específicos | Variable dependiente | Dimensiones | Indicadores | Metodología |
| ¿Cómo influirá la adición de caucho granular en el CBR de suelos cohesivos? | Determinar la influencia de la adición de caucho granular en el CBR de suelos cohesivos. | La adición de caucho granular en suelos cohesivos presentan una mejor resistencia a la penetración (CBR). | Características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos | Características físicas | Granulometría | Explicativa |
| | | | | | Contenido de humedad (%) | |
| | | | | | Limites de Atterberg | |
| ¿Será la categoría del suelo, adicionado con caucho granular, mejor que la del suelo natural (Sección suelos y pavimentos MTC-2014)? | Determinar la categoría del suelo adicionado con caucho granular (Sección suelos y pavimentos MTC-2014) | La categoría del suelo, adicionado con caucho granular, es mejor que la del suelo natural (Sección suelos y pavimentos MTC-2014) | Proctor modificado | Proctor modificado | Óptimo contenido de humedad: (%) | Máxima densidad seca: ((gr/cm ³) |
| ¿Cuál será la dosificación óptima de caucho granular en suelos cohesivos? | Obtener la dosificación óptima de caucho granular en suelos cohesivos. | La dosificación óptima de caucho granular es del 4.8%. | | | California bearing ratio (CBR) | |

Anexo 2: Matriz de Operacionalización

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADORES | ESCALA |
|---|---|--|--|---------|
| V.I: Caucho Granular | Obteniéndose mediante la trituración mecánica, la cual puede ser usado para contribuir con problemas del medio ambiente y solucionar las indeseables características del suelo como su baja resistencia a la penetración (Mohammed, 2018) | El material será medido y usado tomando en consideración el tamaño granulométrico, cantidad y su densidad. | -Adición en porcentaje. -Granulometría. -Densidad. | A razón |
| V.D: Características Mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos. | Los suelos cohesivos contienen grandes cantidades de arcilla y se caracterizan por su plasticidad e interacción agua/partícula (Terzaghi y Peck, 1973). | Se medirá el suelo modificado y sin modificar con caucho granulado mediante el ensayo de CBR siguiendo la norma establecida por el ASTM-D 1883 | -Granulometría. -Límites de Atterberg. -Proctor Modificado -Resistencia a la penetración (CBR). | |

Anexo 3: Resultados de Turnitin

Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|---|---------------|
| 1 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 4% |
| 2 | www.ilustrados.com Fuente de Internet | 1% |
| 3 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | 1% |
| 4 | Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante | 1% |
| 5 | dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet | 1% |
| 6 | Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante | 1% |
| 7 | repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 8 | cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet | <1% |

Anexo 4: Resultado de ensayos

Anexo 4.1: Resultado de análisis granulométrico



Cel: 980703014 / 947280585
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
 San Martín de Porres - Lima
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

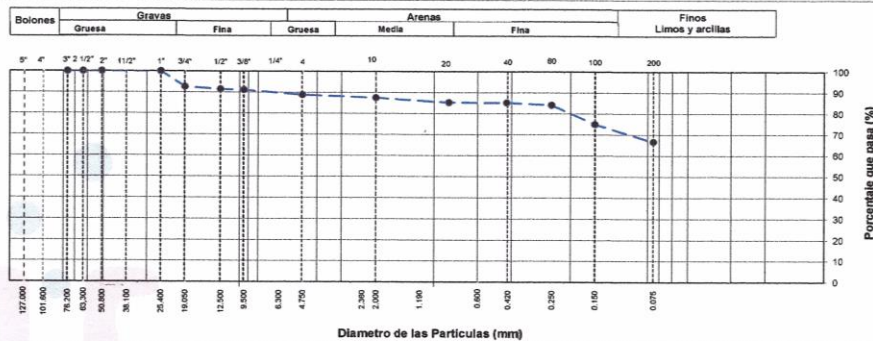
| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS | Código | FOR-LAB-MS-001 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-JJG |
| | | Fecha | 31/12/2019 |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D6913 / MTC E - 204

| | |
|--------------|--|
| REFERENCIA | : Ensayo en laboratorio |
| SOLICITANTES | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Saufé Frank |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. Fecha de ensayo: 22/09/2020 |
| CALICATA | : C-1 |
| MUESTRA | : M-1 |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m |

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|----------|---------------------|---------------------|-------------------------------|--|
| 5" | 127.000 | 100.0 | | CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 8.0 |
| 4" | 101.600 | 100.0 | | |
| 3" | 76.200 | 100.0 | | LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Limite Líquido (LL) 36 Limite Plástico (LP) 21 Indice Plástico (IP) 15 |
| 2 1/2" | 63.300 | 100.0 | | |
| 2" | 50.800 | 100.0 | | Grava (%) 11.1 Arena (%) 22.2 Finos (%) 66.6 |
| 1 1/2" | 38.100 | 100.0 | | |
| 1" | 25.400 | 100.0 | | CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) CL Clasificación AASHTO (D3282) A-6 (B) |
| 3/4" | 19.000 | 92.6 | | |
| 1/2" | 12.500 | 91.5 | | Nombre del Grupo Arcilla arenosa de baja plasticidad |
| 3/8" | 9.500 | 91.2 | | |
| Nº 4 | 4.750 | 88.9 | | INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110 ± 5°C hasta masa constante. |
| Nº 10 | 2.000 | 87.5 | | |
| Nº 20 | 0.840 | 85.3 | | |
| Nº 40 | 0.425 | 85.2 | | |
| Nº 60 | 0.250 | 84.1 | | |
| Nº 80 | 0.177 | 84.1 | | |
| Nº 100 | 0.150 | 75.0 | | |
| Nº 200 | 0.075 | 66.6 | | |
| < Nº 200 | FONDO | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de JJGEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

| | | |
|--------------------|---|---|
| Elaborado por: | Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C.O.P. N° 210906 | Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD |
|--------------------|---|---|

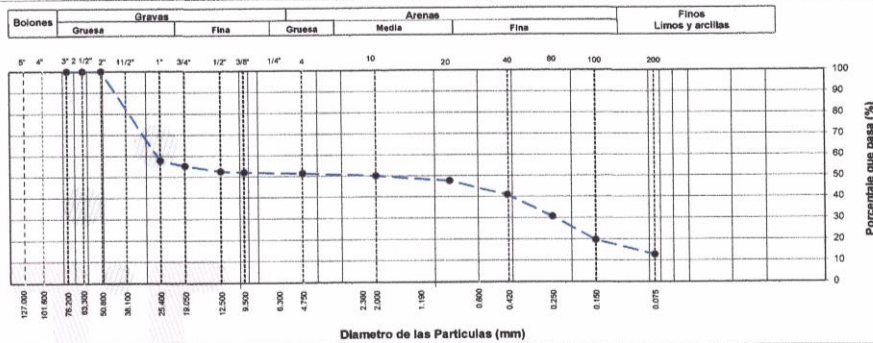
| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS | Código | FOR-LAB-MS-001 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-JJG |
| | | Fecha | 31/12/2019 |

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D6913 / MTC E - 204

| | | | |
|---------------------|--|-----------------------------|--|
| REFERENCIA | : Ensayo en laboratorio | | |
| SOLICITANTES | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Sauñe Frank | | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | Fecha de ensayo: 22/09/2020 | |
| CALICATA | : C-2 | | |
| MUESTRA | : -- | | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | | |




| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|----------|---------------------|---------------------|-------------------------------|--|
| 5" | 127.000 | 100.0 | / | CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 7.9 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 28 Límite Plástico (LP) 21 Índice Plástico (IP) 7 Grava (%) 48.6 Arena (%) 38.7 Finos (%) 12.7 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) GC-GM Clasificación AASHTO (D3282) A-2-4 (0) Nombre del Grupo Grava limo arcillosa con arena INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C hasta masa constante. |
| 4" | 101.600 | 100.0 | | |
| 3" | 76.200 | 100.0 | | |
| 2 1/2" | 63.300 | 100.0 | | |
| 2" | 50.800 | 100.0 | | |
| 1 1/2" | 38.100 | 100.0 | | |
| 1" | 25.400 | 57.8 | | |
| 3/4" | 19.000 | 55.2 | | |
| 1/2" | 12.500 | 52.5 | | |
| 3/8" | 9.500 | 52.0 | | |
| Nº 4 | 4.750 | 51.4 | | |
| Nº 10 | 2.000 | 50.1 | | |
| Nº 20 | 0.840 | 47.7 | | |
| Nº 40 | 0.425 | 40.9 | | |
| Nº 60 | 0.250 | 30.7 | | |
| Nº 80 | 0.177 | 30.7 | | |
| Nº 100 | 0.150 | 19.7 | | |
| Nº 200 | 0.075 | 12.7 | | |
| < Nº 200 | FONDO | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de JJGEOTECNIA
- * 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: |
|  JJ GEOTECNIA S.A.C. ENSAYO DE MATERIALES |  JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUJAMAN INGENIERO CIVIL R.E.S. C.I.F. N° 20205 |  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD |

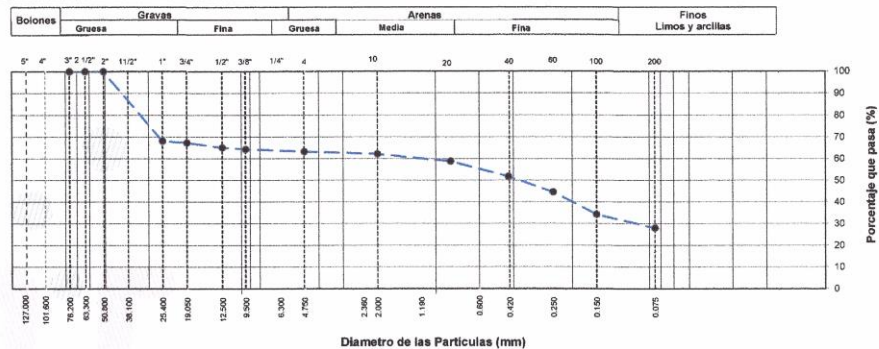
| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS | Código | FOR-LAB-MS-001 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-JJG |
| | | Fecha | 31/12/2019 |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D6913 / MTC E - 204

| | |
|---------------------|--|
| REFERENCIA | : Ensayo en laboratorio |
| SOLICITANTES | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Sauñe Frank |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima Fecha de ensayo: 22/09/2020 |
| CALICATA | : C-3 |
| MUESTRA | : -- |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m |


| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | |
|----------|---------------------|---------------------|-------------------------------|---|---------------------------|
| 5" | 127.000 | 100.0 | / | CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) | |
| 4" | 101.600 | 100.0 | | Contenido Humedad (%) | 8.8 |
| 3" | 76.200 | 100.0 | | LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) | |
| 2 1/2" | 63.300 | 100.0 | | Límite Líquido (LL) | 32 |
| 2" | 50.800 | 100.0 | | Límite Plástico (LP) | 22 |
| 1 1/2" | 38.100 | 100.0 | | Índice Plástico (IP) | 10 |
| 1" | 25.400 | 68.2 | | Grava (%) | 36.8 |
| 3/4" | 19.000 | 67.3 | | Arena (%) | 35.4 |
| 1/2" | 12.500 | 65.1 | | Finos (%) | 27.9 |
| 3/8" | 9.500 | 64.3 | | CLASIFICACIÓN DE SUELOS | |
| Nº 4 | 4.750 | 63.2 | | Clasificación SUCS (ASTM D2487) | GC |
| Nº 10 | 2.000 | 62.1 | | Clasificación AASHTO (D3282) | A-2-4 (0) |
| Nº 20 | 0.840 | 58.8 | | Nombre del Grupo | Grava arcillosa con arena |
| Nº 40 | 0.425 | 51.8 | | INDICACIONES: | |
| Nº 60 | 0.250 | 44.6 | | El método de secado para el ensayo de contenido de humedad | |
| Nº 80 | 0.177 | 44.6 | | fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C hasta masa | |
| Nº 100 | 0.150 | 34.3 | | constante. | |
| Nº 200 | 0.075 | 27.9 | | | |
| < Nº 200 | FONDO | | | | |

CURVA GRANULOMETRICA




OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de JJGEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por:  | Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP Nº 210906 | Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD |
|---|---|---|

Anexo 4.2: Resultado de proctor modificado



JJ GEOTECNIA SAC
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

Cel: 980703014 / 947280585
Fijo: 01 7261346
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
San Martín de Porres - Lima
informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO | Código | FOR-LAB-MS-011 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 31/12/2019 |

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

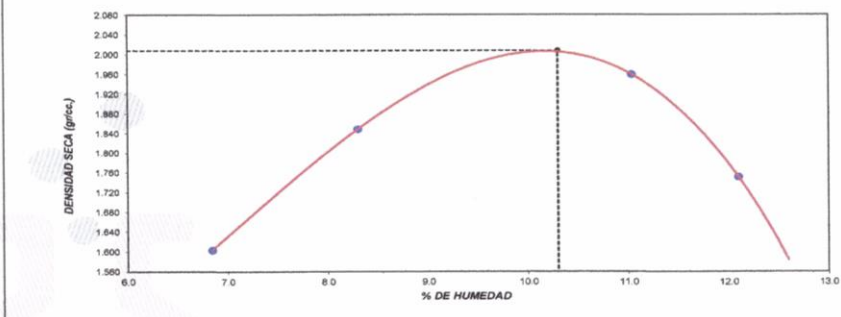
| | | | |
|-------------|--|------------------|------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Saufe Frank | | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | | |
| CALICATA | : C-1 | Fecha de ensayo: | 22/09/2020 |
| MUESTRA | : PATRÓN | | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | | |

| | | | | |
|--|---------------|------|-----------------|--|
| | Volumen Molde | 937 | cm ³ | |
| | Peso Molde | 3826 | gr. | |

| NUMERO DE ENSAYOS | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Peso Suelo + Molde | gr. | 5,431 | 5,702 | 5,865 | 5,665 | |
| Peso Suelo Humedo Compactado | gr. | 1,605 | 1,876 | 2,039 | 1,839 | |
| Peso Volumetrico Humedo | gr. | 1,713 | 2,002 | 2,176 | 1,963 | |
| Recipiente Numero | | A | B | C | D | |
| Peso Suelo Humedo + Tara | gr. | 612.2 | 589.3 | 556.4 | 561.8 | |
| Peso Suelo Seco + Tara | gr. | 573.0 | 544.1 | 501.1 | 501.2 | |
| Peso de la Tara | gr. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Peso del agua | gr. | 39.2 | 45.2 | 55.3 | 60.6 | |
| Peso del suelo seco | gr. | 573 | 544 | 501 | 501 | |
| Contenido de agua | % | 6.8 | 8.3 | 11.0 | 12.1 | |
| Densidad Seca | gr/cc | 1.603 | 1.849 | 1.960 | 1.751 | |


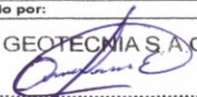

| | | | | | |
|-----------------------|-------|----------------------|---------------------------|------|---|
| Densidad Máxima Seca: | 2.008 | gr/cm ³ . | Contenido Humedad Optima: | 10.3 | % |
|-----------------------|-------|----------------------|---------------------------|------|---|

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA




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: JJ GEOTECNIA S.A.C.  "ELMER MORENO HUAMAN" INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210902 | Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  |
|---|---|---|

Anexo 4.3: Resultado de ensayos de CBR



JJ GEOTECNIA SAC
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

Cel: 980703014 / 947280585
Fijo: 01 7261346
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
San Martín de Porres - Lima
informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

| | | | |
|--|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |

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

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Saufe Frank
TESIS : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020
UBICACIÓN : Distrito Lima.
CALICATA : C-1 **Fecha de ensayo** : 26-09-2020
MUESTRA : PATRÓN
PROFUNDIDAD : 1.50 m

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

| | | | |
|-----------------------------|-------------|----------|----------------------|
| Molde N° | K | 10 | 22 |
| Número de capas | 5 | 5 | 5 |
| Número de golpes | 56 | 25 | 12 |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.) | 12,482 | 12,762 | 11,468 |
| Peso molde (gr.) | 7,845 | 8,336 | 7,324 |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,637 | 4,426 | 4,144 |
| Volumen del molde (cm³) | 2,085 | 2,135 | 2,189 |
| Densidad húmeda (gr./cm³) | 2,224 | 2,073 | 1,911 |
| Humedad (%) | 10.6 | 10.2 | 10.5 |
| Densidad Seca (gr./cm³) | 2,011 | 1,881 | 1,729 |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 645.2 | 714.6 | 689.5 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 583.4 | 648.5 | 624.0 |
| Peso de agua (gr.) | 61.8 | 66.1 | 65.5 |
| Peso de tara (gr.) | | | |
| Peso de suelo seco (gr.) | 583.4 | 648.5 | 624.0 |
| Humedad (%) | 10.6 | 10.2 | 10.5 |

EXPANSIÓN


| Fecha | Hora | Tiempo Hr | Dial | Expansión | | | Dial | Expansión | | | Dial | Expansión | | |
|--------|----------|-----------|------|-----------|------|--|------|-----------|------|--|------|-----------|------|--|
| | | | | mm | % | | | mm | % | | | mm | % | |
| 23-Set | 09:20:00 | 24 | 18 | 0.46 | 0.39 | | 22 | 0.56 | 0.48 | | 23 | 0.58 | 0.51 | |
| 24-Set | 09:20:00 | 48 | 23 | 0.58 | 0.50 | | 30 | 0.76 | 0.65 | | 35 | 0.89 | 0.78 | |
| 25-Set | 09:20:00 | 72 | 31 | 0.79 | 0.68 | | 34 | 0.86 | 0.74 | | 40 | 1.02 | 0.89 | |
| 26-Set | 09:20:00 | 96 | 40 | 1.02 | 0.87 | | 45 | 1.14 | 0.98 | | 51 | 1.30 | 1.14 | |

PENETRACIÓN

| Penetración (pulg.) | Carga Standard (kg/cm²) | K | | | | | | Molde N° 10 | | | | | | Molde N° 22 | | | | | |
|---------------------|-------------------------|-------|---------|---------|------------|-----|---------|-------------|-------|-----|------------|---------|-------|-------------|---------|---------|------------|--|--|
| | | Carga | | | Corrección | | | Carga | | | Corrección | | | Carga | | | Corrección | | |
| | | kg. | kg./cm² | kg./cm² | CBR % | kg. | kg./cm² | kg./cm² | CBR % | kg. | kg./cm² | kg./cm² | CBR % | kg. | kg./cm² | kg./cm² | CBR % | | |
| 0.025 | | 9 | 0.5 | | | 7 | 0.3 | | | 3 | 0.2 | | | | | | | | |
| 0.050 | | 19 | 1.0 | | | 14 | 0.7 | | | 7 | 0.3 | | | | | | | | |
| 0.075 | | 30 | 1.5 | | | 23 | 1.1 | | | 11 | 0.5 | | | | | | | | |
| 0.100 | 70.307 | 37 | 1.9 | 2.3 | 3.3 | 28 | 1.4 | 1.8 | 2.5 | 13 | 0.7 | 0.8 | 1.1 | | | | | | |
| 0.150 | | 60 | 3.0 | | | 45 | 2.3 | | | 21 | 1.1 | | | | | | | | |
| 0.200 | 105.460 | 80 | 4.1 | 4.5 | 4.2 | 60 | 3.0 | 3.4 | 3.3 | 28 | 1.4 | 1.7 | 1.6 | | | | | | |
| 0.300 | | 128 | 6.5 | | | 96 | 4.9 | | | 45 | 2.3 | | | | | | | | |
| 0.400 | | 164 | 8.3 | | | 123 | 6.2 | | | 57 | 2.9 | | | | | | | | |
| 0.500 | | 204 | 10.4 | | | 153 | 7.8 | | | 71 | 3.6 | | | | | | | | |

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:

JJ GEOTECNIA S.A.C.

ELMER MORENO HUAMAN
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 210906

Aprobado por:

JJ GEOTECNIA S.A.C.

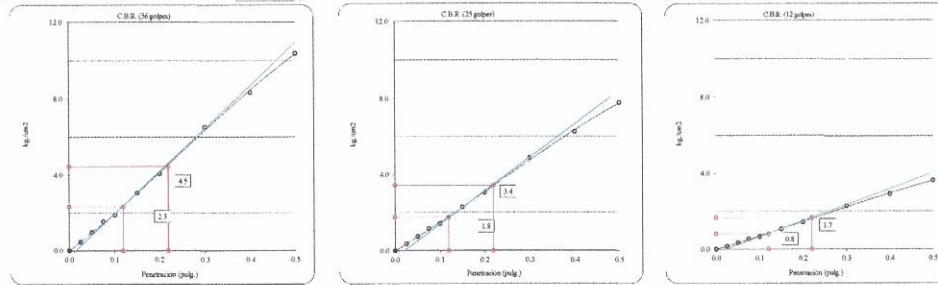
CONTROL DE CALIDAD

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |

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

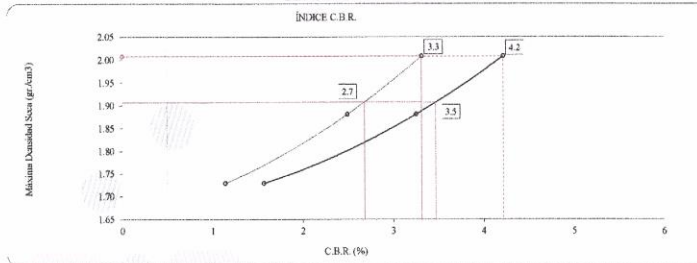
| | | |
|--------------------|--|-------------------------------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutiérrez Sauñe Frank | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | |
| CALICATA | : C-1 | <i>Fecha de ensayo</i> : 26-09-2020 |
| MUESTRA | : PATRÓN | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | |

Datos de muestra
Máxima Densidad Seca 2.008 gr/cm^3 Optimo Contenido de Humedad 10.30%
Máxima Densidad Seca al 95% 1.908 gr/cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : **3.3 %** C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : **2.5 %** C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : **1.1 %**


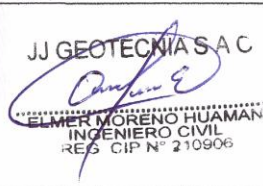
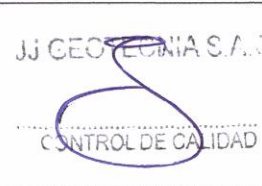
DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": **3.3 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": **2.7 %**
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": **4.2 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": **3.5 %**

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: |
|  |  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL RES. CIP N° 210906 |  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |

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

| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Sauñe Frank | | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | | |
| CALICATA | : C-1 | Fecha de ensayo | : 01-10-2020 |
| MUESTRA | : 1.2 % | | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | | |

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

| | L | | 11 | | 27 | |
|--|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| | | | | | | |
| Molde N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Número de capas | 56 | | 25 | | 12 | |
| Número de golpes | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.) | 12,872 | | 13,058 | | 11,440 | |
| Peso molde (gr.) | 8,165 | | 8,507 | | 7,277 | |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,707 | | 4,551 | | 4,163 | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2,068 | | 2,135 | | 2,123 | |
| Densidad húmeda (gr./cm ³) | 2,277 | | 2,132 | | 1,961 | |
| Humedad (%) | 10.1 | | 10.2 | | 10.3 | |
| Densidad Seca (gr./cm ³) | 2,068 | | 1,934 | | 1,778 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 548.3 | 612.5 | 597.4 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 498.0 | 555.8 | 541.6 |
| Peso de agua (gr.) | 50.3 | 56.7 | 55.8 |
| Peso de tara (gr.) | | | |
| Peso de suelo seco (gr.) | 498.0 | 555.8 | 541.6 |
| Humedad (%) | 10.1 | 10.2 | 10.3 |

EXPANSIÓN



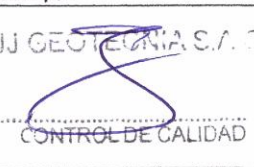
| Fecha | Hora | Tiempo Hr | Expansión | | | | Expansión | | | | Expansión | |
|--------|----------|--------------|-----------|------|------|----|-----------|------|----|------|-----------|----|
| | | | Dial | mm | % | | Dial | mm | % | | Dial | mm |
| 23-Set | 09:20:00 | 24 | 20 | 0.51 | 0.44 | 21 | 0.53 | 0.46 | 25 | 0.64 | 0.56 | |
| 24-Set | 09:20:00 | 48 | 25 | 0.64 | 0.55 | 35 | 0.89 | 0.76 | 38 | 0.97 | 0.85 | |
| 25-Set | 09:20:00 | 72 | 33 | 0.84 | 0.72 | 38 | 0.97 | 0.83 | 45 | 1.14 | 1.01 | |
| 26-Set | 09:20:00 | 96 | 38 | 0.97 | 0.83 | 43 | 1.09 | 0.94 | 48 | 1.22 | 1.08 | |

PENETRACIÓN

| Penetración (pulg.) | Carga Standard (kg./cm ²) | L | | | | Molde N° 11 | | | | Molde N° 27 | | | |
|------------------------|--|-------|---------------------|---------------------|-------|-------------|---------------------|---------------------|-------|-------------|---------------------|---------------------|-------|
| | | Carga | | Corrección | | Carga | | Corrección | | Carga | | Corrección | |
| | | kg. | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % | kg. | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % | kg. | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % |
| 0.025 | | 6 | 0.3 | | | 5 | 0.2 | | | 2 | 0.1 | | |
| 0.050 | | 14 | 0.7 | | | 11 | 0.5 | | | 5 | 0.3 | | |
| 0.075 | | 29 | 1.4 | | | 21 | 1.1 | | | 10 | 0.5 | | |
| 0.100 | 70.307 | 47 | 2.4 | 3.2 | 4.6 | 35 | 1.8 | 2.5 | 3.6 | 16 | 0.8 | 0.9 | 1.3 |
| 0.150 | | 86 | 4.4 | | | 64 | 3.3 | | | 30 | 1.5 | | |
| 0.200 | 105.460 | 131 | 6.6 | 6.7 | 6.4 | 98 | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 46 | 2.3 | 2.1 | 2.0 |
| 0.300 | | 181 | 9.2 | | | 135 | 6.9 | | | 63 | 3.2 | | |
| 0.400 | | 221 | 11.2 | | | 165 | 8.4 | | | 77 | 3.9 | | |
| 0.500 | | 245 | 12.5 | | | 184 | 9.3 | | | 86 | 4.4 | | |

OBSERVACIONES:

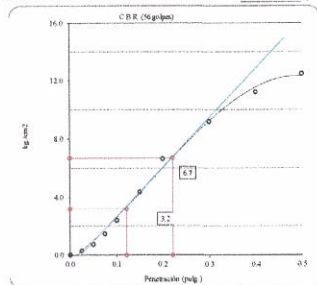
- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

| | | |
|---|--|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  |  |
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | JJ GEOTECNIA SAC ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906 | JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD |

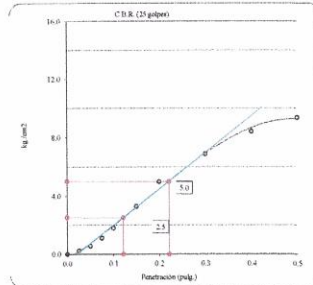
| | | | |
|--|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |
| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132 | | | |
| REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Sauñe Frank TESIS : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 UBICACIÓN : Distrito Lima. CALICATA : C-1 Fecha de ensayo : 01-10-2020 MUESTRA : 1.2 % PROFUNDIDAD : 1.50 m | | | |

Datos de muestra

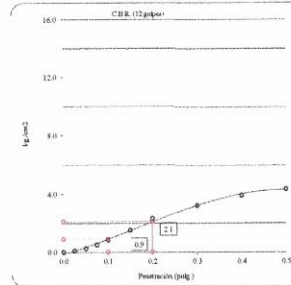
Máxima Densidad Seca 2.052 gr./cm³ Óptimo Contenido de Humedad 10.10 %
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.949 gr./cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 4.6 %

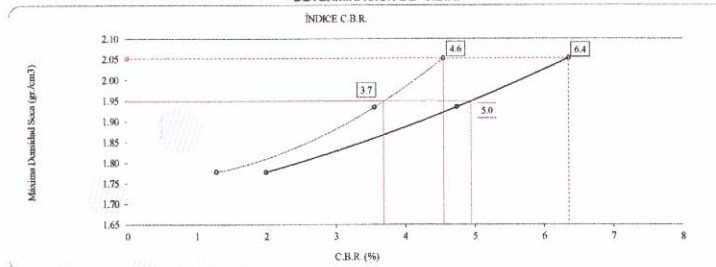


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 3.6 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 1.3 %


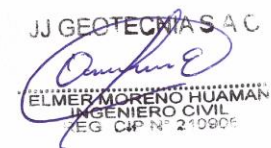

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 4.6 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 3.7 %
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 6.4 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 5.0 %

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: |
|  |  |  |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |

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

| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Sauñe Frank | | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | | |
| CALICATA | : C-1 | Fecha de ensayo | : 26-09-2020 |
| MUESTRA | : 2.4 % | | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | | |

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

| | E | | 12 | | F | |
|--|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Molde Nº | | | | | | |
| Número de capas | 5 | | 5 | | 5 | |
| Número de golpes | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | | | | | | |
| Peso suelo + molde (gr.) | 12.636 | | 13.111 | | 12.031 | |
| Peso molde (gr.) | 7.780 | | 8.510 | | 7.774 | |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4.856 | | 4.801 | | 4.257 | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2.103 | | 2.140 | | 2.141 | |
| Densidad húmeda (gr./cm ³) | 2.309 | | 2.150 | | 1.988 | |
| Humedad (%) | 9.7 | | 9.8 | | 9.8 | |
| Densidad Seca (gr./cm ³) | 2.105 | | 1.958 | | 1.811 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 835.3 | 945.2 | 599.4 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 579.1 | 587.6 | 545.9 |
| Peso de agua (gr.) | 56.2 | 57.6 | 53.5 |
| Peso de tara (gr.) | | | |
| Peso de suelo seco (gr.) | 579.1 | 587.6 | 545.9 |
| Humedad (%) | 9.7 | 9.8 | 9.8 |

EXPANSIÓN


| Fecha | Hora | Tiempo Hr | Expansión | | | Expansión | | | Expansión | | |
|--------|----------|--------------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|
| | | | Dial | mm % | | Dial | mm % | | Dial | mm % | |
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 23-Set | 09:20:00 | 24 | 18 | 0.46 | 0.39 | 20 | 0.51 | 0.44 | 23 | 0.58 | 0.50 |
| 24-Set | 09:20:00 | 48 | 23 | 0.58 | 0.50 | 33 | 0.84 | 0.72 | 35 | 0.89 | 0.76 |
| 25-Set | 09:20:00 | 72 | 31 | 0.79 | 0.68 | 35 | 0.89 | 0.76 | 43 | 1.09 | 0.94 |
| 26-Set | 09:20:00 | 96 | 35 | 0.89 | 0.76 | 42 | 1.07 | 0.92 | 45 | 1.14 | 0.98 |

PENETRACIÓN

| Penetración (pulg.) | Carga Standard (kg/cm ²) | E | | | | Molde Nº 12 | | | | F | | | |
|------------------------|---|-------|---------------------|---------------------|-------|-------------|---------------------|---------------------|-------|-------|---------------------|---------------------|-------|
| | | Carga | | Corrección | | Carga | | Corrección | | Carga | | Corrección | |
| | | kg. | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % | kg. | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % | kg. | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % |
| 0.025 | | 7 | 0.4 | | | 5 | 0.3 | | | 2 | 0.1 | | |
| 0.050 | | 20 | 1.0 | | | 15 | 0.8 | | | 7 | 0.4 | | |
| 0.075 | | 37 | 1.9 | | | 28 | 1.4 | | | 13 | 0.7 | | |
| 0.100 | 70.307 | 58 | 2.9 | 4.3 | 6.1 | 44 | 2.2 | 3.2 | 4.6 | 20 | 1.0 | 1.2 | 1.6 |
| 0.150 | | 114 | 5.8 | | | 86 | 4.3 | | | 40 | 2.0 | | |
| 0.200 | 105.460 | 158 | 8.0 | 8.7 | 8.2 | 119 | 6.0 | 6.5 | 6.2 | 55 | 2.8 | 2.7 | 2.6 |
| 0.300 | | 235 | 11.9 | | | 176 | 9.0 | | | 82 | 4.2 | | |
| 0.400 | | 288 | 14.6 | | | 216 | 11.0 | | | 101 | 5.1 | | |
| 0.500 | | 341 | 17.3 | | | 256 | 13.0 | | | 119 | 6.1 | | |

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:  |
| JJ GEOTECNIA S.A.C. INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 21090 | JJ GEOTECNIA S.A.C. INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 21090 | JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD |

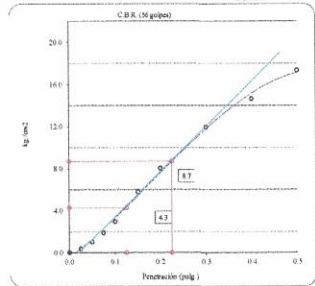
| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-016 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |

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

| | | |
|--------------------|--|-------------------------------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Saúñe Frank | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | |
| CALICATA | : C-1 | Fecha de ensayo : 26-09-2020 |
| MUESTRA | : 2.4 % | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | |

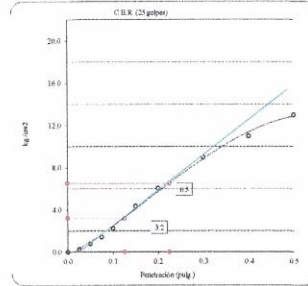
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 2.101 gr/cm^3 Optimo Contenido de Humedad 9.80%
Máxima Densidad Seca al 95% 1.996 gr/cm^3



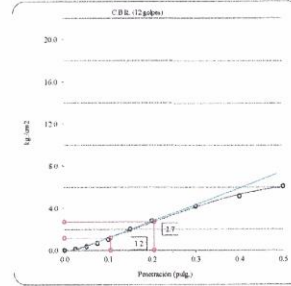
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :

6.1 %



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

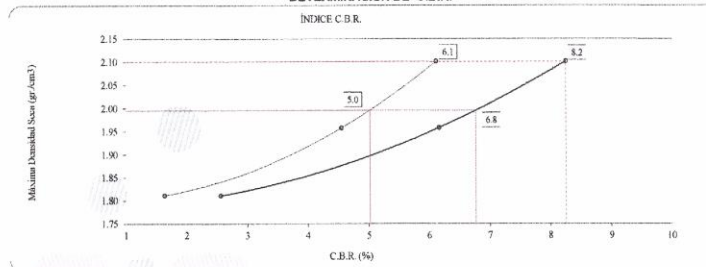
4.6 %



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

1.6 %




DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 6.1 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 6.0 %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 8.2 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 6.8 %

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:  |
|---|--|--|

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |

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

| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutiérrez Saufie Frank | | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | | |
| CALICATA | : C-1 | Fecha de ensayo | : 26-09-2020 |
| MUESTRA | : 3.6 % | | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | | |

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

| | B | | 13 | | A | |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Molde N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Número de capas | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.) | 13,653 | | 13,146 | | 12,670 | |
| Peso molde (gr.) | 8,897 | | 8,607 | | 8,547 | |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,756 | | 4,539 | | 4,123 | |
| Volumen del molde (cm³) | 2,085 | | 2,137 | | 2,103 | |
| Densidad húmeda (gr./cm³) | 2,281 | | 2,124 | | 1,961 | |
| Humedad (%) | 9.6 | | 9.7 | | 9.6 | |
| Densidad Seca (gr./cm³) | 2,081 | | 1,936 | | 1,789 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| | B | 13 | A |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 578.6 | 591.2 | 534.1 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 527.9 | 538.9 | 487.3 |
| Peso de agua (gr.) | 50.7 | 52.3 | 46.8 |
| Peso de tara (gr.) | | | |
| Peso de suelo seco (gr.) | 527.9 | 538.9 | 487.3 |
| Humedad (%) | 9.6 | 9.7 | 9.6 |

EXPANSIÓN

| Fecha | Hora | Tiempo Hr | Expansión | | | | Expansión | | | | Expansión | |
|--------|----------|--------------|-----------|------|------|----|-----------|------|----|------|-----------|----|
| | | | Dial | mm | % | | Dial | mm | % | | Dial | mm |
| 23-Set | 09:20:00 | 24 | 15 | 0.38 | 0.33 | 16 | 0.41 | 0.35 | 20 | 0.51 | 0.44 | |
| 24-Set | 09:20:00 | 48 | 21 | 0.53 | 0.46 | 31 | 0.79 | 0.68 | 33 | 0.84 | 0.72 | |
| 25-Set | 09:20:00 | 72 | 28 | 0.71 | 0.61 | 33 | 0.84 | 0.72 | 35 | 0.89 | 0.76 | |
| 26-Set | 09:20:00 | 96 | 31 | 0.79 | 0.68 | 38 | 0.97 | 0.83 | 42 | 1.07 | 0.92 | |

PENETRACIÓN

| Penetración (pulg.) | Carga Standard (kg/cm²) | B | | | | Molde N° 13 | | | | A | | | |
|------------------------|----------------------------|-------|---------|------------|-------|-------------|---------|------------|-------|-------|---------|------------|-------|
| | | 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 | | 29 | 1.5 | | | 22 | 1.1 | | | 16 | 0.8 | | |
| 0.050 | | 58 | 2.9 | | | 45 | 2.3 | | | 32 | 1.6 | | |
| 0.075 | | 86 | 4.4 | | | 67 | 3.4 | | | 48 | 2.4 | | |
| 0.100 | 70.307 | 117 | 5.9 | 6.0 | 8.5 | 91 | 4.6 | 4.7 | 6.7 | 65 | 3.3 | 3.3 | 4.7 |
| 0.150 | | 175 | 8.9 | | | 136 | 6.9 | | | 97 | 4.9 | | |
| 0.200 | 105.460 | 220 | 11.2 | 10.8 | 10.2 | 171 | 8.7 | 8.4 | 8.0 | 122 | 6.2 | 6.1 | 5.7 |
| 0.300 | | 286 | 14.5 | | | 223 | 11.3 | | | 159 | 8.1 | | |
| 0.400 | | 331 | 16.8 | | | 258 | 13.1 | | | 184 | 9.3 | | |
| 0.500 | | 378 | 19.2 | | | 294 | 14.9 | | | 210 | 10.7 | | |

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:  |
| JJ GEOTECNIA S A C LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | JJ GEOTECNIA S A C ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906 | JJ GEOTECNIA S A C CONTROL DE CALIDAD |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |

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

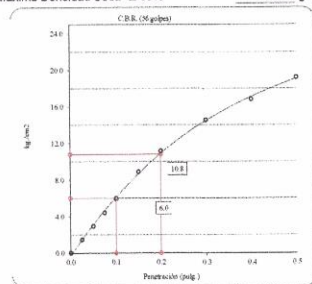
| | | |
|--------------------|--|-------------------------------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Sauñe Frank | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | |
| CALICATA | : C-1 | Fecha de ensayo : 26-09-2020 |
| MUESTRA | : 3.6 % | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | |

Datos de muestra

Máxima Densidad Seca : 2.088 gr/cm³
Máxima Densidad Seca al 95% : 1.984 gr/cm³

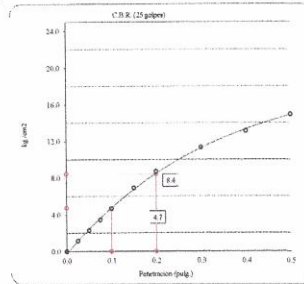
Óptimo Contenido de Humedad

9.50 %



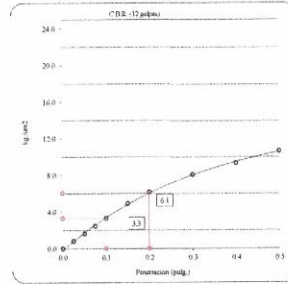
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :

8.5 %



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

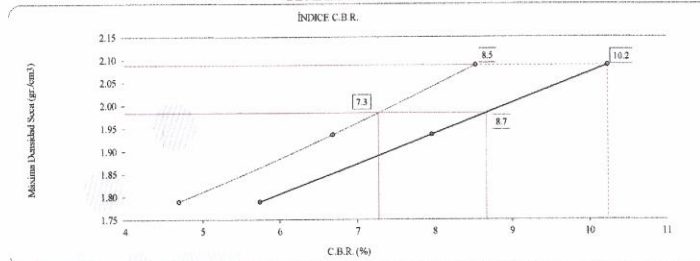
6.7 %



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

4.7 %




DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 8.5 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 7.3 %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 10.2 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 8.7 %

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: |
|  |  |  |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |

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

| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Saufe Frank | | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | | |
| CALICATA | : C-1 | Fecha de ensayo | : 02-11-2020 |
| MUESTRA | : 4.8 % | | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | | |

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

| Molde Nº | 7 | | A | | B | |
|--|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| | | | | | | |
| 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.) | 11,643 | | 12,805 | | 12,586 | |
| Peso molde (gr.) | 7,277 | | 8,547 | | 8,897 | |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,366 | | 4,058 | | 3,689 | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2,123 | | 2,103 | | 2,085 | |
| Densidad húmeda (gr./cm ³) | 2,057 | | 1,930 | | 1,789 | |
| Humedad (%) | 10.7 | | 10.8 | | 10.8 | |
| Densidad Seca (gr./cm ³) | 1,858 | | 1,745 | | 1,597 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

| | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 598.6 | 852.4 | 610.7 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 540.7 | 589.9 | 551.2 |
| Peso de agua (gr.) | 57.9 | 62.5 | 59.5 |
| Peso de tara (gr.) | | | |
| Peso de suelo seco (gr.) | 540.7 | 589.9 | 551.2 |
| Humedad (%) | 10.7 | 10.6 | 10.8 |

EXPANSIÓN

| Fecha | Hora | Tiempo Hr | Expansión | | | Expansión | | | Expansión | | |
|--------|----------|--------------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|
| | | | Dial | mm | % | Dial | mm | % | Dial | mm | % |
| 22-Oct | 09:20:00 | 24 | 14 | 0.36 | 0.31 | 15 | 0.38 | 0.33 | 18 | 0.46 | 0.39 |
| 23-Oct | 09:20:00 | 48 | 23 | 0.58 | 0.50 | 28 | 0.71 | 0.61 | 30 | 0.76 | 0.65 |
| 24-Oct | 09:20:00 | 72 | 26 | 0.66 | 0.57 | 31 | 0.79 | 0.68 | 36 | 0.91 | 0.79 |
| 25-Oct | 09:20:00 | 96 | 28 | 0.71 | 0.61 | 35 | 0.89 | 0.76 | 38 | 0.97 | 0.83 |

PENETRACIÓN

| Penetración (pulg.) | Carga Standard (kg/cm ²) | Molde Nº 7 | | | | A | | | B | | | | |
|------------------------|---|------------|---------------------|---------------------|-------|-------|---------------------|---------------------|-------|-----|---------------------|---------------------|-------|
| | | Carga | | Corrección | | Carga | | Corrección | Carga | | Corrección | | |
| | | kg | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % | kg | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % | kg | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % |
| 0.025 | | 34 | 1.7 | | | 26 | 1.3 | | | 12 | 0.6 | | |
| 0.050 | | 61 | 3.1 | | | 46 | 2.3 | | | 21 | 1.1 | | |
| 0.075 | | 93 | 4.7 | | | 70 | 3.5 | | | 33 | 1.7 | | |
| 0.100 | 70.307 | 126 | 6.4 | 7.0 | 10.0 | 95 | 4.8 | 5.2 | 7.4 | 44 | 2.2 | 2.5 | 3.5 |
| 0.150 | | 207 | 10.5 | | | 156 | 7.9 | | | 73 | 3.7 | | |
| 0.200 | 105.480 | 277 | 14.1 | 13.2 | 12.5 | 208 | 10.6 | 10.0 | 9.5 | 97 | 4.9 | 4.6 | 4.4 |
| 0.300 | | 367 | 18.6 | | | 275 | 14.0 | | | 128 | 6.5 | | |
| 0.400 | | 429 | 21.8 | | | 322 | 16.3 | | | 150 | 7.6 | | |
| 0.500 | | 493 | 25.0 | | | 370 | 18.8 | | | 173 | 8.8 | | |

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

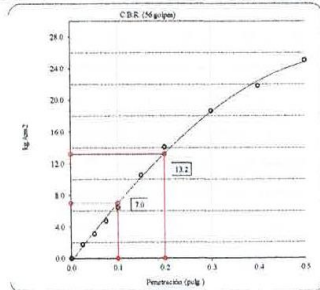
| | | |
|---|---|--|
| Elaborado por:  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL C.O.P. N° 210906 | Revisado por:  | Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD |
|---|---|--|

| | | | |
|--|--|--|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |
| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132 | | | |
| REFERENCIA | | : Datos de laboratorio | |
| SOLICITANTE | | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Sauñe Frank | |
| TESIS | | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | |
| UBICACIÓN | | : Distrito Lima. | |
| CALICATA | : C-7 | Fecha de ensayo | : 02-11-2020 |
| MUESTRA | : 4,8 % | | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | | |

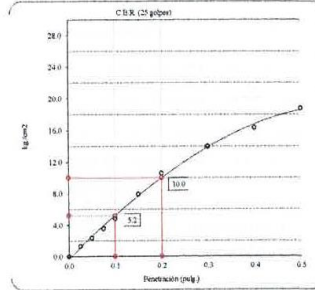
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 1.860 gr./cm³
Máxima Densidad Seca al 95% 1.767 gr./cm³

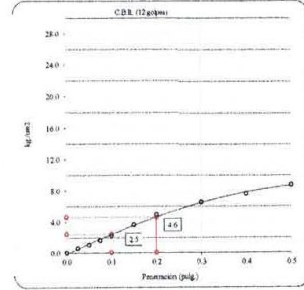
Optimo Contenido de Humedad 10.70 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 10.0 %

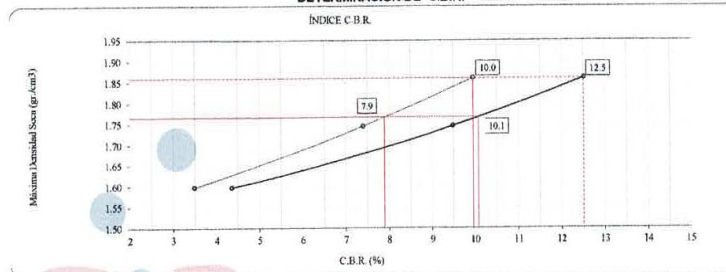


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 7.4 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 3.5 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 10.0 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 7.9 %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 12.5 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 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: |
|  |  |  |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |

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

| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Saufe Frank | | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | | |
| CALICATA | : C-1 | Fecha de ensayo | : 21-10-2020 |
| MUESTRA | : 6.0 % | | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | | |

| CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.) | | | | | | |
|---|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Molde N° | 8 | | 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.) | 12,137 | | 12,714 | | 11,989 | |
| Peso molde (gr.) | 7,774 | | 8,648 | | 8,251 | |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,363 | | 4,066 | | 3,738 | |
| Volumen del molde (cm³) | 2,141 | | 2,108 | | 2,131 | |
| Densidad húmeda (gr./cm³) | 2,038 | | 1,929 | | 1,754 | |
| Humedad (%) | 10.5 | | 10.6 | | 10.6 | |
| Densidad Seca (gr./cm³) | 1,844 | | 1,744 | | 1,586 | |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 645.8 | 621.7 | 605.3 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 584.4 | 562.1 | 547.3 |
| Peso de agua (gr.) | 61.4 | 59.6 | 58.0 |
| Peso de tara (gr.) | | | |
| Peso de suelo seco (gr.) | 584.4 | 562.1 | 547.3 |
| Humedad (%) | 10.5 | 10.6 | 10.6 |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|--------------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|
| Fecha | Hora | Tiempo Hr | Dial | Expansión | | Dial | Expansión | | Dial | Expansión | |
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 22-Oct | 09:20:00 | 24 | 13 | 0.33 | 0.28 | 14 | 0.36 | 0.31 | 16 | 0.41 | 0.35 |
| 23-Oct | 09:20:00 | 48 | 22 | 0.56 | 0.48 | 25 | 0.64 | 0.54 | 29 | 0.74 | 0.63 |
| 24-Oct | 09:20:00 | 72 | 27 | 0.69 | 0.59 | 28 | 0.71 | 0.61 | 32 | 0.81 | 0.70 |
| 25-Oct | 09:20:00 | 96 | 30 | 0.76 | 0.65 | 34 | 0.86 | 0.74 | 37 | 0.94 | 0.81 |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|------------|--------|------------|-------|-------|--------|------------|-------|-------|--------|------------|-------|
| Penetración (pulg.) | Carga Standard (kg/cm²) | Molde N° 8 | | | | C | | | | D | | | |
| | | 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 | | 12 | 0.6 | | | 9 | 0.5 | | | 4 | 0.2 | | |
| 0.050 | | 31 | 1.6 | | | 23 | 1.2 | | | 11 | 0.6 | | |
| 0.075 | | 55 | 2.8 | | | 41 | 2.1 | | | 19 | 1.0 | | |
| 0.100 | 70.307 | 85 | 4.3 | 5.5 | 7.8 | 63 | 3.2 | 4.1 | 5.8 | 30 | 1.5 | 1.5 | 2.1 |
| 0.150 | | 154 | 7.8 | | | 116 | 5.9 | | | 54 | 2.7 | | |
| 0.200 | 105.460 | 218 | 11.1 | 11.2 | 10.6 | 184 | 8.3 | 8.4 | 8.0 | 76 | 3.9 | 3.5 | 3.3 |
| 0.300 | | 310 | 15.8 | | | 233 | 11.8 | | | 109 | 5.5 | | |
| 0.400 | | 379 | 19.2 | | | 284 | 14.4 | | | 132 | 6.7 | | |
| 0.500 | | 450 | 22.8 | | | 337 | 17.1 | | | 157 | 8.0 | | |

OBSERVACIONES:

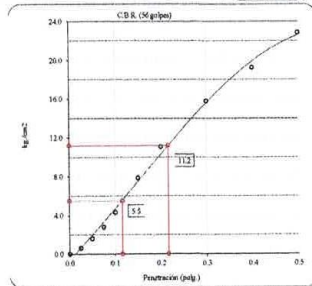
- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

| | | |
|---|---|--|
| Elaborado por:  | Revisado por:  | Aprobado por:  |
|  | JJ GEOTECNIA S A C E. MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C. P. N° 210906 | JJ GEOTECNIA S A C CONTROL DE CALIDAD |

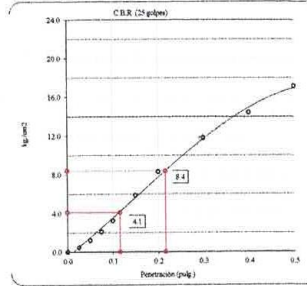
| | | | |
|--|--|-----------------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |
| LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132 | | | |
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Saúñe Frank | | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | | |
| CALICATA | : C-1 | Fecha de ensayo | : 25-10-2020 |
| MUESTRA | : 6.0 % | | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | | |

Datos de muestra

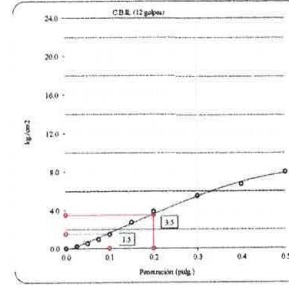
Máxima Densidad Seca 1.850 gr/cm^3 Optimo Contenido de Humedad 10.60%
Máxima Densidad Seca al 95% 1.758 gr/cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : **7.8 %**

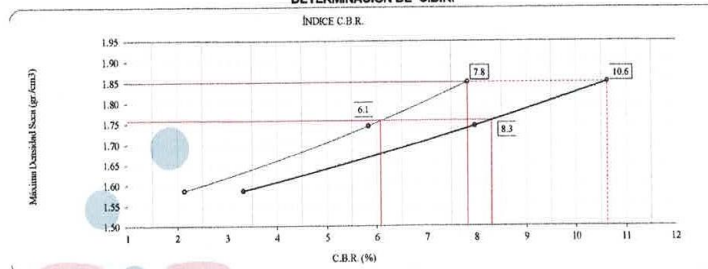


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : **6.8 %**



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : **2.1 %**



DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": **7.8 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": **6.1 %**
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": **10.6 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": **8.3 %**

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: |
|  |  |  |

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |

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

| | | | |
|--------------------|--|------------------------|--------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Sauffe Frank | | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | | |
| CALICATA | : C-1 | Fecha de ensayo | : 21-10-2020 |
| MUESTRA | : 7.2 % | | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | | |

| CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.) | | | | | | |
|---|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Molde Nº | 9 | | 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.) | 12,282 | | 11,754 | | 11,442 | |
| Peso molde (gr.) | 8,165 | | 7,780 | | 7,774 | |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,117 | | 3,974 | | 3,668 | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2,068 | | 2,103 | | 2,141 | |
| Densidad húmeda (gr./cm ³) | 1.991 | | 1.890 | | 1.713 | |
| Humedad (%) | 10.5 | | 10.4 | | 10.6 | |
| Densidad Seca (gr./cm ³) | 1.802 | | 1.712 | | 1.549 | |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Tara+suelo húmedo (gr.) | 576.2 | 558.1 | 529.4 |
| Tara+suelo seco (gr.) | 521.4 | 505.5 | 478.7 |
| Peso de agua (gr.) | 54.8 | 52.6 | 50.7 |
| Peso de tara (gr.) | | | |
| Peso de suelo seco (gr.) | 521.4 | 505.5 | 478.7 |
| Humedad (%) | 10.5 | 10.4 | 10.6 |

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|--------------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|
| Fecha | Hora | Tiempo Hr | Dial | Expansión | | Dial | Expansión | | Dial | Expansión | |
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 22-Oct | 09:20:00 | 24 | 11 | 0.28 | 0.24 | 12 | 0.30 | 0.26 | 14 | 0.36 | 0.31 |
| 23-Oct | 09:20:00 | 48 | 20 | 0.51 | 0.44 | 23 | 0.58 | 0.50 | 27 | 0.69 | 0.59 |
| 24-Oct | 09:20:00 | 72 | 25 | 0.64 | 0.55 | 25 | 0.64 | 0.55 | 30 | 0.76 | 0.66 |
| 25-Oct | 09:20:00 | 96 | 28 | 0.71 | 0.61 | 31 | 0.79 | 0.68 | 35 | 0.89 | 0.76 |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|------------|---------------------|---------------------|-------|-------|---------------------|---------------------|-------|-------|---------------------|---------------------|-------|
| Penetración (pulg.) | Carga Standard (kg./cm ²) | Molde Nº 9 | | | | E | | | | F | | | |
| | | Carga | | Corrección | | Carga | | Corrección | | Carga | | Corrección | |
| | | kg. | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % | kg. | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % | kg. | kg./cm ² | kg./cm ² | CBR % |
| 0.025 | | 15 | 0.8 | | | 11 | 0.6 | | | 5 | 0.3 | | |
| 0.050 | | 26 | 1.3 | | | 20 | 1.0 | | | 9 | 0.5 | | |
| 0.075 | | 39 | 2.0 | | | 29 | 1.5 | | | 14 | 0.7 | | |
| 0.100 | 70.307 | 54 | 2.7 | 2.9 | 4.1 | 41 | 2.1 | 2.1 | 3.0 | 19 | 1.0 | 1.0 | 1.4 |
| 0.150 | | 83 | 4.2 | | | 83 | 3.2 | | | 29 | 1.5 | | |
| 0.200 | 105.460 | 110 | 5.6 | 5.4 | 5.1 | 83 | 4.2 | 4.1 | 3.8 | 39 | 2.0 | 1.9 | 1.8 |
| 0.300 | | 152 | 7.7 | | | 114 | 5.8 | | | 53 | 2.7 | | |
| 0.400 | | 186 | 9.4 | | | 140 | 7.1 | | | 65 | 3.3 | | |
| 0.500 | | 213 | 10.8 | | | 160 | 8.1 | | | 75 | 3.8 | | |

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:  |
|  | JJ GEOTECNIA SAC ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. O.P. N° 210906 | GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD |

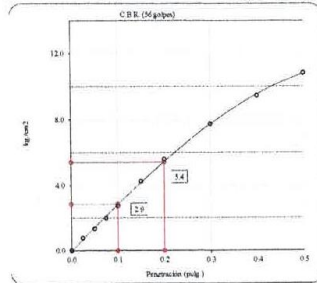
| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA | Código | FOR-LAB-MS-015 |
| | | Revisión | 2 |
| | | Aprobado | CC-JJG |
| | | Fecha | 16/03/2020 |

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

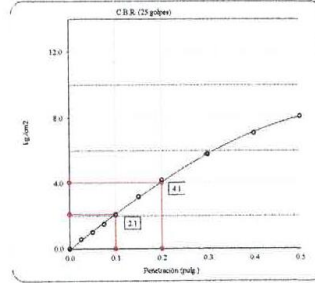
| | | |
|--------------------|--|-------------------------------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | |
| SOLICITANTE | : Rojas Morales Henry/ Gutierrez Sauñe Frank | |
| TESIS | : Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020 | |
| UBICACIÓN | : Distrito Lima. | |
| CALICATA | : C-1 | Fecha de ensayo : 25-10-2020 |
| MUESTRA | : 7.2 % | |
| PROFUNDIDAD | : 1.50 m | |

Datos de muestra

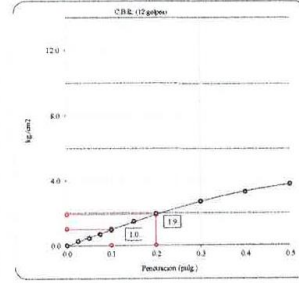
Máxima Densidad Seca 1.811 gr./cm^3 Optimo Contenido de Humedad 10.40%
Máxima Densidad Seca al 95% 1.720 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES: **4.1 %**

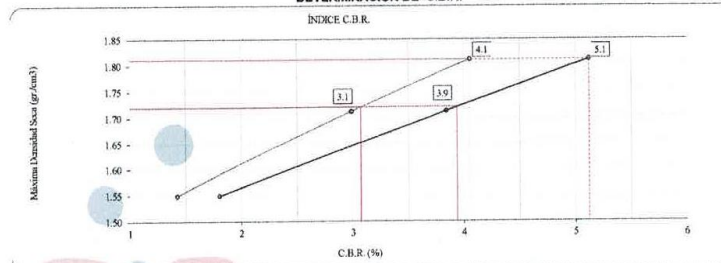


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES: **3.0 %**



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES: **1.4 %**


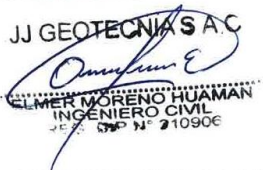

DETERMINACIÓN DE C.B.R.





C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": **4.1 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": **3.1 %**
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": **5.1 %**
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": **3.9 %**

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:  |
|---|---|--|

Anexo 4.4: Certificados de calibración

|  | SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD NTP ISO / IEC 17025:2017 | | | | | | | | | | |
|--|---|---|----------|---------|-------|-------------|---------|---------|------------------|--------|--------|
| CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC - 4371 - 2020 | | | | | | | | | | | |
| PROFORMA : 1698A | Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27 | Página : 1 de 5 | | | | | | | | | |
| SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C. Dirección : Cal La Madrid Nro. 264 Aca. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres | | | | | | | | | | | |
| EQUIPO : HORNO Marca : GEMMY Modelo : YCD-010 N° de Serie : 510847 Tipo de Ventilación : Turbulencia Procedencia : ALEMANIA Identificación : NO INDICA | INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO DIGITAL Marca : No indica Alcance : 1°C a 250°C Resolución : 1 °C TIPO DE CONTROLADOR : RIRIFAI Marca : No indica Alcance : 1°C a 250°C Resolución : 1 °C Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25 Ubicación : LABORATORIO | 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 de acuerdo al uso. 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. | | | | | | | | | |
| LUGAR DE CALIBRACIÓN Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C. | | | | | | | | | | | |
| MÉTODO DE CALIBRACIÓN La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medidores isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI. | | | | | | | | | | | |
| CONDICIONES AMBIENTALES | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"><thead><tr><th>Magnitud</th><th>Inicial</th><th>Final</th></tr></thead><tbody><tr><td>Temperatura</td><td>29,3 °C</td><td>29,8 °C</td></tr><tr><td>Humedad Relativa</td><td>45,3 %</td><td>43,2 %</td></tr></tbody></table> | | | Magnitud | Inicial | Final | Temperatura | 29,3 °C | 29,8 °C | Humedad Relativa | 45,3 % | 43,2 % |
| Magnitud | Inicial | Final | | | | | | | | | |
| Temperatura | 29,3 °C | 29,8 °C | | | | | | | | | |
| Humedad Relativa | 45,3 % | 43,2 % | | | | | | | | | |
| TEST & CONTROL S.A.C. no es responsable 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 CIP: 8316 | | | | | | | | | |

Certificado : TC - 4371 - 2020

Página : 3 de 5

TRAZABILIDAD

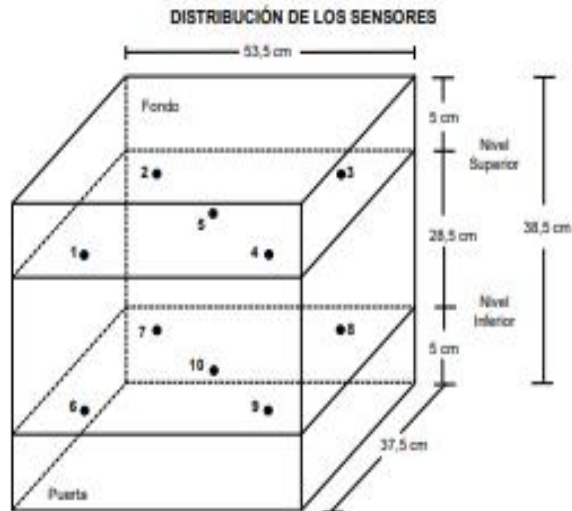
| Patrón de Referencia | Patrón de Trabajo | Certificado de Calibración |
|--|--|----------------------------|
| Dos Termómetros Digitales Incertidumbre 0,007 °C DM - INACAL | Termómetro Digital -200 °C a 400 °C | LT-247-2018 |

RESULTADOS DE MEDICIÓN

| Temperatura de Trabajo | Posición del Controlador | Tiempo de Calentamiento | Tiempo de Estabilización | Porcentaje de carga | Tipo de Carga / Muestra |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| 110 °C ± 10 °C | 110 | 40 min | 180 min | 30 % | ENVASE METÁLICO C/ MUESTRAS CLIENTE |

| Tiempo (Minutos) | Termómetro Marca (°C) | Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C) | | | | | | | | | | T _{prom} ⁽¹⁾ (°C) | T _{max} - T _{min} (°C) |
|----------------------------------|-----------------------------|---|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|--|---|
| | | Nivel Superior | | | | | Nivel Inferior | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 0:00 | 110 | 110,8 | 111,8 | 112,2 | 112,6 | 112,2 | 109,2 | 112,2 | 112,7 | 109,2 | 109,6 | 110,8 | 3,1 |
| 0:02 | 110 | 110,7 | 111,7 | 112,2 | 112,4 | 112,4 | 109,6 | 112,2 | 112,5 | 109,6 | 109,8 | 110,8 | 2,7 |
| 0:04 | 110 | 111,1 | 112,1 | 111,7 | 112,6 | 112,6 | 111,2 | 112,8 | 112,6 | 111,2 | 111,5 | 111,4 | 1,8 |
| 0:06 | 110 | 111,7 | 112,7 | 112,2 | 111,5 | 111,4 | 112,8 | 112,2 | 111,8 | 112,2 | 112,4 | 112,4 | 1,8 |
| 0:08 | 110 | 112,1 | 112,2 | 112,7 | 111,8 | 111,8 | 112,8 | 112,2 | 111,8 | 112,2 | 112,8 | 112,8 | 2,2 |
| 0:10 | 110 | 112,2 | 112,2 | 112,7 | 111,8 | 112,8 | 112,2 | 112,8 | 112,2 | 112,8 | 112,8 | 112,8 | 1,8 |
| 0:12 | 110 | 112,1 | 112,2 | 112,6 | 111,8 | 112,8 | 112,2 | 112,8 | 111,8 | 112,2 | 112,2 | 112,7 | 1,8 |
| 0:14 | 110 | 111,8 | 112,2 | 112,6 | 111,8 | 111,8 | 112,8 | 112,7 | 111,7 | 112,2 | 112,4 | 112,6 | 2,1 |
| 0:16 | 110 | 111,8 | 112,8 | 112,2 | 111,4 | 111,6 | 111,8 | 112,4 | 111,6 | 111,8 | 111,7 | 112,2 | 2,0 |
| 0:18 | 110 | 111,4 | 112,8 | 112,8 | 111,1 | 111,2 | 112,8 | 112,1 | 111,2 | 111,2 | 111,2 | 111,8 | 2,2 |
| 0:20 | 110 | 111,2 | 112,2 | 112,6 | 112,8 | 112,8 | 112,2 | 112,7 | 111,2 | 112,2 | 112,2 | 111,1 | 2,6 |
| 0:22 | 110 | 110,8 | 111,8 | 111,2 | 112,7 | 112,8 | 109,4 | 112,4 | 112,8 | 109,4 | 109,7 | 110,7 | 2,2 |
| 0:24 | 110 | 110,7 | 111,7 | 111,2 | 112,4 | 112,2 | 109,2 | 112,2 | 112,8 | 109,2 | 109,4 | 110,8 | 2,2 |
| 0:26 | 110 | 111,2 | 112,2 | 111,6 | 112,7 | 112,8 | 112,7 | 112,2 | 112,8 | 112,8 | 112,8 | 111,1 | 1,8 |
| 0:28 | 110 | 111,6 | 112,8 | 112,2 | 111,2 | 111,2 | 112,7 | 112,1 | 111,4 | 112,8 | 112,2 | 112,2 | 1,8 |
| 0:30 | 110 | 112,1 | 112,8 | 112,6 | 111,8 | 111,7 | 112,8 | 112,2 | 111,8 | 112,8 | 112,8 | 112,8 | 2,2 |
| 0:32 | 110 | 112,2 | 112,2 | 112,7 | 112,2 | 111,8 | 112,8 | 112,7 | 112,1 | 112,2 | 112,7 | 112,8 | 2,1 |
| 0:34 | 110 | 112,2 | 112,2 | 112,7 | 111,8 | 112,1 | 112,2 | 112,7 | 112,2 | 112,2 | 112,2 | 112,8 | 1,8 |
| 0:36 | 110 | 112,2 | 112,2 | 112,2 | 111,7 | 111,8 | 112,7 | 112,7 | 111,8 | 112,8 | 112,8 | 112,2 | 2,2 |
| 0:38 | 110 | 111,8 | 112,8 | 112,2 | 111,2 | 111,2 | 111,8 | 112,2 | 111,8 | 112,2 | 112,2 | 112,1 | 2,2 |
| 0:40 | 110 | 111,8 | 112,8 | 112,2 | 111,2 | 111,1 | 111,2 | 112,2 | 111,4 | 111,2 | 111,2 | 111,7 | 2,2 |
| 0:42 | 110 | 111,2 | 112,2 | 111,7 | 111,1 | 112,8 | 112,2 | 112,8 | 111,2 | 112,4 | 112,4 | 111,2 | 2,2 |
| 0:44 | 110 | 110,8 | 111,8 | 111,4 | 112,7 | 112,8 | 109,8 | 112,4 | 112,8 | 109,8 | 109,8 | 110,8 | 2,8 |
| 0:46 | 110 | 110,7 | 111,7 | 111,2 | 112,4 | 112,2 | 109,1 | 112,2 | 112,8 | 109,1 | 109,4 | 110,8 | 2,1 |
| 0:48 | 110 | 110,8 | 111,8 | 111,2 | 112,6 | 112,2 | 112,2 | 112,2 | 112,8 | 112,1 | 112,2 | 112,8 | 2,2 |
| 0:50 | 110 | 111,4 | 112,8 | 112,2 | 111,1 | 111,2 | 112,8 | 112,2 | 111,2 | 112,2 | 112,2 | 111,8 | 2,2 |
| 0:52 | 110 | 111,8 | 112,8 | 112,2 | 111,7 | 111,8 | 112,2 | 112,8 | 111,8 | 112,7 | 112,7 | 112,8 | 2,1 |
| 0:54 | 110 | 112,2 | 112,2 | 112,8 | 111,8 | 111,8 | 112,7 | 112,7 | 112,2 | 112,2 | 112,8 | 112,8 | 2,1 |
| 0:56 | 110 | 112,2 | 112,2 | 112,8 | 112,2 | 112,1 | 112,8 | 112,8 | 112,1 | 112,7 | 112,4 | 112,8 | 1,8 |
| 0:58 | 110 | 112,1 | 112,2 | 112,6 | 111,8 | 111,8 | 112,8 | 112,7 | 111,8 | 112,1 | 112,8 | 112,8 | 1,8 |
| 1:00 | 110 | 112,2 | 112,2 | 112,4 | 111,6 | 111,7 | 112,2 | 112,8 | 111,7 | 112,2 | 112,2 | 112,2 | 2,2 |
| T _{PROM} ⁽¹⁾ | 112,0 | 111,8 | 112,8 | 112,1 | 111,2 | 111,2 | 111,7 | 112,1 | 111,4 | 111,8 | 111,8 | 111,8 | |
| T _{MAX} ⁽¹⁾ | 112,8 | 112,2 | 112,2 | 112,8 | 112,2 | 112,1 | 112,7 | 112,8 | 112,1 | 112,2 | 112,8 | | |
| T _{MIN} ⁽¹⁾ | 110,8 | 110,7 | 111,7 | 111,2 | 110,4 | 110,2 | 109,1 | 112,2 | 112,8 | 109,1 | 109,4 | | |
| DTT ⁽¹⁾ | 0,2 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 1,8 | 1,8 | 2,6 | 1,6 | 1,6 | 2,8 | 2,4 | | |

Certificado : TC - 4371 - 2020
Página : 4 de 5



- Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
- Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 6,5 cm por encima de la parrilla superior.
- Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.
- Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 5 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC-4374-2020

PROFORMA : 1896A Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27 Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Aac. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA CBR

Marca : NO INDICA
Modelo : NO INDICA
N° Serie : NO INDICA
Intervalo de indicación : 5000 Kg
Resolución : 0,1 Kg

CELDA DE CARGA

Marca : Kell
Modelo : A-FED
Serie : SX70836
Procedencia : NO INDICA
Código de identificación : NO INDICA
Ubicación : No Indica

Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 *
Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga*.

CONDICIONES AMBIENTALES

| MAGNITUD | INICIAL | FINAL |
|------------------|---------|--------|
| TEMPERATURA | 19,9°C | 20,1°C |
| HUMEDAD RELATIVA | 43,0% | 44,0% |

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.

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 de acuerdo al uso.

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.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0318

Certificado : TC-4374-2020

Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

| Patrón de Referencia | Patrón de Trabajo | Certificado de Calibración |
|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Balanza de Presión AEP Transducers | Celda de Carga ANYLOAD 30000 Kg | LM-0033-2019 |

RESULTADOS DE MEDICIÓN

| Indicación del Equipo (Kg) | Lectura Convencionalmente Verdadera (Kg) | Error (Kg) | Incertidumbre (Kg) |
|---------------------------------|--|-----------------|-------------------------|
| 500,0 | 485,0 | 15,0 | 0,1 |
| 1000,0 | 974,5 | 25,5 | 0,1 |
| 1500,0 | 1437,5 | 62,5 | 0,1 |
| 2000,0 | 1945,3 | 54,7 | 0,1 |
| 2500,0 | 2464,6 | 35,4 | 0,1 |
| 3000,0 | 2965,3 | 34,7 | 0,1 |
| 3500,0 | 3465,7 | 34,3 | 0,1 |
| 4000,0 | 3945,5 | 54,5 | 0,1 |
| 4500,0 | 4435,8 | 64,2 | 0,1 |
| 5000,0 | 4946,3 | 53,7 | 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%.

Anexo 4.5: Certificado de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad

Certificado

 **INACAL**
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

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.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019
Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023



ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 230-2019-INACAL/DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA
Registro N° : LC-016


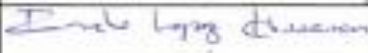
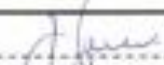
Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y círculo 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 www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MCA) del Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-05P-02M/Vol. 02

Anexo 5: Validación de Instrumentos

|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FORMATO DE ENSAYO PARA ANÁLISIS GRNULOMETRICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|-------------------|------------------|----------|----------------------|----------------------|------------------|-------------|-------------|----------|--------------|---------------|----------|----------|-----|--------|-------|------|------|-------|--|--|--|----|-------|--|--|--|--|--|--|--|--------|-------|--|--|--|--|--|--|--|----|-------|--|--|--|--|--|--|--|--------|-------|--|--|--|--|--|--|--|----|-------|--|--|--|--|--|--|--|------|-------|--|--|--|--|--|--|--|------|-------|--|--|--|--|--|--|--|------|-------|--|--|--|--|--|--|--|------|-------|--|--|--|--|--|--|--|------|-------|--|--|--|--|--|--|--|------|-------|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--------|-------|--|--|--|--|--|--|--|---|
| PROYECTO INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO GRANULAR EN LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN SUELOS COHESIVOS, LIMA - 2020. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOLICITANTE REFERENCIA FECHA RECEPCIÓN FECHA DE ENSAYO | CALICATA PROFUNDIDAD MUESTRA TEC. RESPONSABLE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 204 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pulgada</th> <th>Tamaño</th> <th colspan="3">Material retenido</th> <th rowspan="2">Material Pasante (%)</th> <th colspan="2">Especificaciones</th> <th rowspan="2">Descripción</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>Peso (g)</th> <th>Retenido (%)</th> <th>Acumulado (%)</th> <th>mín. (%)</th> <th>máx. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4"</td><td>100.00</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3"</td><td>75.00</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.50</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.80</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.40</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.05</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.50</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.525</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.250</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 4</td><td>4.750</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 6</td><td>3.350</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 10</td><td>2.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 16</td><td>1.180</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 20</td><td>0.850</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 30</td><td>0.600</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 40</td><td>0.425</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 50</td><td>0.300</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 60</td><td>0.250</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 75</td><td>0.190</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 100</td><td>0.150</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº 200</td><td>0.075</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> | Pulgada | Tamaño | Material retenido | | | Material Pasante (%) | Especificaciones | | Descripción | mm | Peso (g) | Retenido (%) | Acumulado (%) | mín. (%) | máx. (%) | 4" | 100.00 | | | | | | | | 3" | 75.00 | | | | | | | | 2 1/2" | 63.50 | | | | | | | | 2" | 50.80 | | | | | | | | 1 1/2" | 38.10 | | | | | | | | 1" | 25.40 | | | | | | | | 3/4" | 19.05 | | | | | | | | 1/2" | 12.50 | | | | | | | | 3/8" | 9.525 | | | | | | | | 1/4" | 6.250 | | | | | | | | Nº 4 | 4.750 | | | | | | | | Nº 6 | 3.350 | | | | | | | | Nº 10 | 2.000 | | | | | | | | Nº 16 | 1.180 | | | | | | | | Nº 20 | 0.850 | | | | | | | | Nº 30 | 0.600 | | | | | | | | Nº 40 | 0.425 | | | | | | | | Nº 50 | 0.300 | | | | | | | | Nº 60 | 0.250 | | | | | | | | Nº 75 | 0.190 | | | | | | | | Nº 100 | 0.150 | | | | | | | | Nº 200 | 0.075 | | | | | | | | Descripción: Peso Inicial : Porción de finos : % de Humedad : % de Grava : % de Arena : Tamaño Máximo : % Pasante Nº 200 : CLASIF. AASHTO : CLASIF. SUCS : |
| Pulgada | | Tamaño | Material retenido | | | | Material Pasante (%) | Especificaciones | | Descripción | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | mm | Peso (g) | Retenido (%) | Acumulado (%) | mín. (%) | máx. (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4" | 100.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3" | 75.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2" | 50.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1" | 25.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4" | 19.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2" | 12.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/4" | 6.250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 4 | 4.750 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 6 | 3.350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 10 | 2.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 16 | 1.180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 20 | 0.850 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 30 | 0.600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 40 | 0.425 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 50 | 0.300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 60 | 0.250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 75 | 0.190 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 200 | 0.075 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ABERTURA DE LOS TAMICES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ABERTURA DE LOS TAMICES 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">200</td> <td style="width: 10%;">100</td> <td style="width: 10%;">60</td> <td style="width: 10%;">30</td> <td style="width: 10%;">15</td> <td style="width: 10%;">7.5</td> <td style="width: 10%;">3.75</td> <td style="width: 10%;">1.9</td> <td style="width: 10%;">0.85</td> <td style="width: 10%;">0.425</td> <td style="width: 10%;">0.25</td> <td style="width: 10%;">0.15</td> <td style="width: 10%;">0.075</td> </tr> </table> | | | | | | | | 200 | 100 | 60 | 30 | 15 | 7.5 | 3.75 | 1.9 | 0.85 | 0.425 | 0.25 | 0.15 | 0.075 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | 100 | 60 | 30 | 15 | 7.5 | 3.75 | 1.9 | 0.85 | 0.425 | 0.25 | 0.15 | 0.075 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Opinión de aplicabilidad | Aplicable (X) | | | No aplicable () | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ing./Mg. Apellidos y Nombres |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| |  Firma del Validador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE ENSAYO PARA LIMITES DE ATTERBERG

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO GRANULAR EN LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN SUELOS COHESIVOS, LIMA - 2020.

SOLICITANTE: CALICATA

REFERENCIA: PROFUNDIDAD

FECHA RECEPCIÓN: MUESTRA

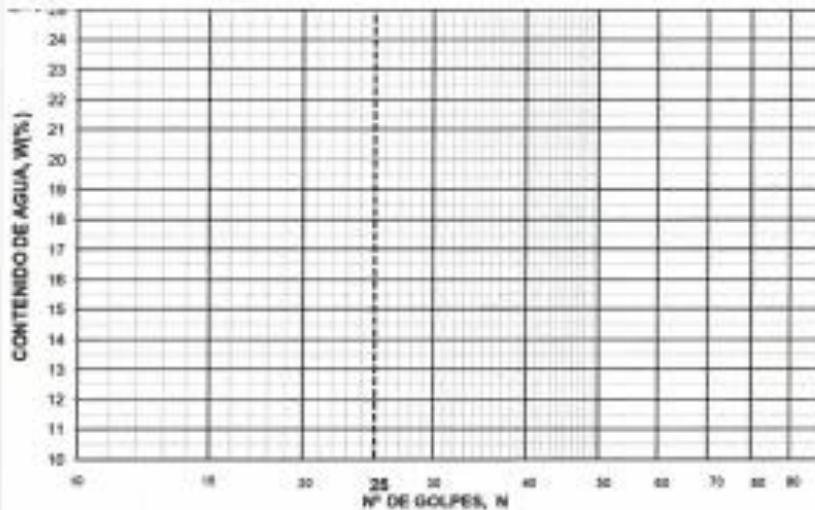
FECHA DE ENSAYO: TEC. RESPONSABLE

LIMITE LIQUIDO (LL) MTC E 110

| | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|
| Numero del deposito | | | | | |
| Peso del suelo húmedo + deposito | | | | | |
| Peso del suelo seco + deposito | | | | | |
| Peso del agua | | | | | |
| Peso del deposito | | | | | |
| Peso del suelo seco | | | | | |
| Contenido de agua (w%) | | | | | |
| Numero de golpes, n | | | | | |

LIMITE PLASTICO (LP) MTC E 111

| | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|
| Numero del deposito | | | | | |
| Peso del suelo húmedo + deposito | | | | | |
| Peso del suelo seco + deposito | | | | | |
| Peso del agua | | | | | |
| Peso del deposito | | | | | |
| Peso del suelo seco | | | | | |
| Contenido de agua (w%) | | | | | |
| Promedio de % | | | | | |



| | |
|------|--|
| LL = | |
| LP = | |
| IP = | |

OBSERVACIONES

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

| | | |
|------------------------------|--------------------|------------------|
| Opinión de aplicabilidad | Aplicable (X) | No aplicable () |
| Ing./Mg. Apellidos y Nombres | Indo Lopez Alvarez | |

[Handwritten Signature]
Firma del Validador



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE ENSAYO PARA CBR

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO GRANULAR EN LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA SUBRRAANTE EN SUELOS COHESIVOS, LIMA - 2020.

SOLICITANTE:

REFERENCIA:

FECHA RECEPCIÓN:

FECHA DE ENSAYO:

CALICATA:

PROFUNDIDAD:

MUESTRA:

T.E.C. RESPONSABLE:

ENSAYO DE C.B.R. MTCE 132

| Molde M ¹ | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| M ¹ Capa | | | | | | |
| Golpes por capa M ¹ | | | | | | |
| Cond. de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso molde + suelo húmedo (gr) | | | | | | |
| Peso de molde (gr) | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo (gr) | | | | | | |
| Volumen del molde (cm ³) | | | | | | |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | | | | | | |
| Humedad (%) | | | | | | |
| Densidad seca (gr/cm ³) | | | | | | |
| Tarro M ¹ | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (gr) | | | | | | |
| Tarro + Suelo seco (gr) | | | | | | |
| Peso del Agua (gr) | | | | | | |
| Peso del tarro (gr) | | | | | | |
| Peso del suelo seco (gr) | | | | | | |
| Humedad (%) | | | | | | |
| Promedio de Humedad (%) | | | | | | |

EXPANSION

| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | |
|-------|------|---------------|------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|---|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

PENETRACION

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE M ¹ | | | | MOLDE M ² | | | | MOLDE M ³ | | | |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|
| | | DIAL (div) | CARGA kg/cm ² | CORRECCION kg/cm ² | % | DIAL (div) | CARGA kg/cm ² | CORRECCION kg/cm ² | % | DIAL (div) | CARGA kg/cm ² | CORRECCION kg/cm ² | % |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 0.025 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.050 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.075 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.100 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.150 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.200 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.250 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.300 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.400 | | | | | | | | | | | | | |

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

| | | |
|------------------------------|------------------------|------------------|
| Opinión de aplicabilidad | Aplicable (/) | No aplicable () |
| Ing./Mg. Apellidos y Nombres | Indo Lopez del Rosario | |

Firma del Validador



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

| | | | |
|---|---|-----------------------------------|------------------|
| PROYECTO: | Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima - 2020. | | |
| TESISTAS: | Gutiérrez Saufé, Frank Hugo (0000-0003-4356-2903) Rojas Morales, Henry Franco (0000-0002-6618-8320) | | |
| ASESOR: | Ing. Casusol Iberico, German Fernando (0000-0001-7143-5026) | | |
| Observaciones (Precisar de haber Suficiencia): | | | |
| Opinión de aplicabilidad: | Aplicable () | Aplicable después de corregir () | No aplicable () |
| Apellidos y nombres del validador: | • López Huaron Bardo | | |
| DNI: | • 10020503 | | |
| Grado y Especialidad del validador: | • Tec de Mecánica de Suelos | | |
| Fecha de revisión (dd/mm/aa): | 09-01-20 | | |



FIRMA DEL VALIDADOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE ENSAYO PARA ANÁLISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO GRANULAR EN LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN SUELOS COHESIVOS, LIMA - 2020.

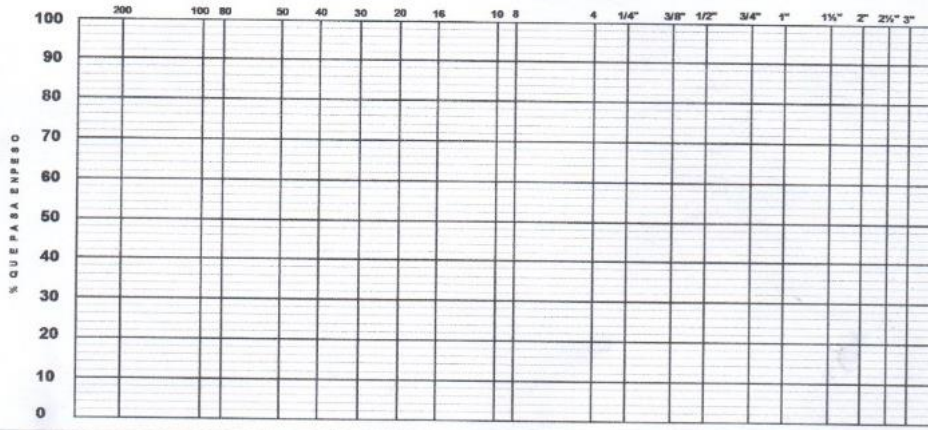
SOLICITANTE :
REFERENCIA :
FECHA RECEPCION :
FECHA DE ENSAYO :
CALICATA :
PROFUNDIDAD :
MUESTRA :
TEC. RESPONSABLE :

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 204

| Tamiz Pulgada | Æ mm. | Material retenido | | | Material Pasante (%) | Especificaciones | | Descripción |
|------------------|----------|-------------------|--------------|---------------|----------------------|------------------|----------|--------------------|
| | | Peso (g) | Retenido (%) | Acumulado (%) | | min. (%) | máx. (%) | |
| 4" | 100.00 | | | | | | | |
| 3" | 75.00 | | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.50 | | | | | | | Peso Inicial : |
| 2" | 50.80 | | | | | | | Porción de finos : |
| 1 1/2" | 38.10 | | | | | | | % de Humedad : |
| 1" | 25.40 | | | | | | | % de Grava : |
| 3/4" | 19.05 | | | | | | | % de Arena : |
| 1/2" | 12.70 | | | | | | | Tamaño Máximo : |
| 3/8" | 9.525 | | | | | | | % Pasante Nº 200 : |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | | CLASFL AASHTO : |
| Nº 4 | 4.750 | | | | | | | CLASFL SUCS : |
| Nº 6 | 2.360 | | | | | | | |
| Nº 10 | 2.000 | | | | | | | |
| Nº 20 | 0.850 | | | | | | | |
| Nº 30 | 0.600 | | | | | | | |
| Nº 40 | 0.420 | | | | | | | |
| Nº 50 | 0.300 | | | | | | | |
| Nº 60 | 0.250 | | | | | | | |
| Nº 80 | 0.180 | | | | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | | | | | | | |
| Nº 200 | 0.074 | | | | | | | |

Bandeja


ABERTURA DE LOS TAMICES



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

| | | |
|------------------------------|---|------------------|
| Opinión de aplicabilidad | Aplicable <input checked="" type="checkbox"/> | No aplicable () |
| Ing./Mg. Apellidos y Nombres | Ing. HILARIO CAQUI, CAROLINA | |

Carolina Hilario
Firma del Validador

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---------------|--------------------|--------------------|-------------|------------|--------------------|--------------------|------|------------|--------------------|--------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FORMATO DE ENSAYO PARA CBR | | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO GRANULAR EN LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN SUELOS COHESIVOS, LIMA - 2020. | | | | | | | | | | | | | |
| SOLICITANTE : REFERENCIA : FECHA RECEPCION : FECHA DE ENSAYO : | | | | | | | | | | | | | |
| CALICATA : PROFUNDIDAD : MUESTRA : TEC. RESPONSABLE : | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO DE C.B.R. MTCE 132 | | | | | | | | | | | | | |
| Molde Nº | | | | | | | | | | | | | |
| Nº Caps | | | | | | | | | | | | | |
| Golpes por capa Nº | | | | | | | | | | | | | |
| Cond. de la muestra | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%; text-align: center;">NO SATURADO</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">SATURADO</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">NO SATURADO</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">SATURADO</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">NO SATURADO</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">SATURADO</td> </tr> </table> | | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | | | | | |
| | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | | | | | | | |
| Peso molde + suelo húmedo (gr) | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de molde (gr) | | | | | | | | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo (gr) | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen del molde (cm ³) | | | | | | | | | | | | | |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad (%) | | | | | | | | | | | | | |
| Densidad seca (gr/cm ³) | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro Nº | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (gr) | | | | | | | | | | | | | |
| Tarro + Suelo seco (gr) | | | | | | | | | | | | | |
| Peso del Agua (gr) | | | | | | | | | | | | | |
| Peso del tarro (gr) | | | | | | | | | | | | | |
| Peso del suelo seco (gr) | | | | | | | | | | | | | |
| Humedad (%) | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio de Humedad (%) | | | | | | | | | | | | | |
| EXPANSION | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HORA | TIEMPO Hr. | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | DIAL | EXPANSION | | | |
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACION | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACION pulg | CARGA STAND. kg/cm ² | MOLDE Nº | | | | MOLDE Nº | | | | MOLDE Nº | | | |
| | | CARGA | CORRECCION | | | CARGA | CORRECCION | | | CARGA | CORRECCION | | |
| | | Dial (div) | kg/cm ² | kg/cm ² | % | Dial (div) | kg/cm ² | kg/cm ² | % | Dial (div) | kg/cm ² | kg/cm ² | % |
| 0.025 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.050 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.075 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.100 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.150 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.200 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.250 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.300 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.400 | | | | | | | | | | | | | |

| VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO | | |
|----------------------------------|--|------------------|
| Opinión de aplicabilidad | Aplicable <input checked="" type="checkbox"/> | No aplicable () |
| Ing./Mg. Apellidos y Nombres | Ing. HILARIO CARU, CAROLINA  Firma del Validador | |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

| | | | |
|---|---|-----------------------------------|------------------|
| PROYECTO: | Influencia de la adición de caucho granular en las características mecánicas de la subrasante en suelos cohesivos, Lima – 2020. | | |
| TESISTAS: | Gutierrez Sauñe, Frank Hugo (0000-0003-4356-2903) Rojas Morales, Henry Franco (0000-0002-6618-8320) | | |
| ASESOR: | Ing. Casusol Iberico, German Fernando (0000-0001-7143-5026) | | |
| Observaciones (Precisar de haber Suficiencia): | SIN OBSERVACIONES | | |
| Opinión de aplicabilidad: | Aplicable (X) | Aplicable después de corregir () | No aplicable () |
| Apellidos y nombres del validador: | • HILARIO CAQUI, CAROLINA | | |
| DNI: | • 70883598 | | |
| Grado y Especialidad del validador: | • INGENIERO CIVIL | | |
| Fecha de revisión (dd/mm/aa): | 28/06/2020 | | |

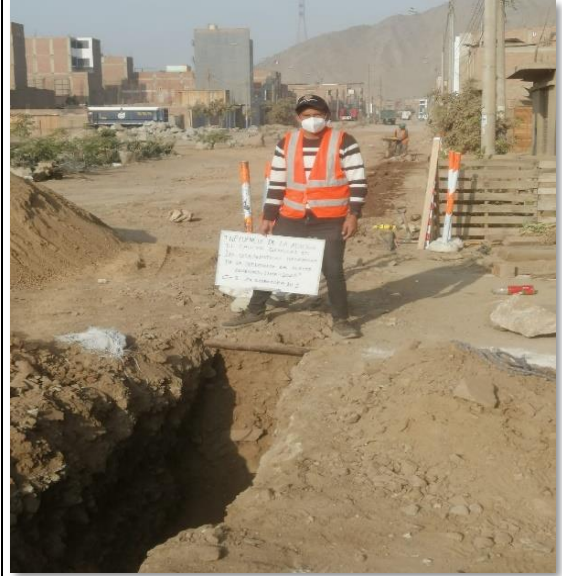
FIRMA DEL VALIDADOR

Anexo 6: Panel Fotografico

Figura: N° 30: extracción de calicata C-1



Figura: N° 31 extracción de calicata C-2



Extracción del material de estudio (calicatas) en la Av. Colectora, San Juan de Pariachi-Ate.

Figura: N° 32: local donde se adquirió el caucho



Figura: N° 33 caucho reciclado



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

Fuente: Elaboración propia.

Figura: N° 34 Peso del caucho en la balanza



Figura: N° 35 Tamizado de las partículas del suelo



Granulometría

Figura: N° 36 Dosificación de caucho en la muestra de suelo



Figura: N° 37 Compactación de las muestras



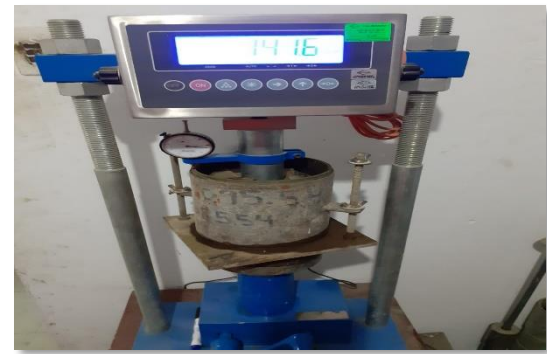
Dosificación y proceso de compactación de para cada porcentaje de caucho adicionado.

Figura: N° 38 Proceso de saturación



La muestra se encuentra en un proceso de saturación por 4 días.

Figura: N° 39 Ensayo de CBR



Ensayo de resistencia a la penetración (CBR) sobre la muestra natural

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 40: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 1.2% de Caucho

| Prueba de muestras independientes | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| CBR | Se asumen varianzas iguales | 5,319 | ,082 | -13,152 | 4 | ,000 | -,026667 | ,002028 | -,032296 | -,021037 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -13,152 | 2,000 | ,006 | -,026667 | ,002028 | -,035391 | -,017943 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 41: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 2.4% de Caucho

| Prueba de muestras independientes | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| CBR | Se asumen varianzas iguales | 5,319 | ,082 | -6,740 | 4 | ,003 | -,013667 | ,002028 | -,019296 | -,008037 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -6,740 | 2,000 | ,021 | -,013667 | ,002028 | -,022391 | -,004943 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 42: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 3.6% de Caucho

| Prueba de muestras independientes | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| CBR | Se asumen varianzas iguales | 5,319 | ,082 | 4,603 | 4 | ,010 | ,009333 | ,002028 | ,003704 | ,014963 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | 4,603 | 2,000 | ,044 | ,009333 | ,002028 | ,000609 | ,018057 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 43: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 4.8% de Caucho

| Prueba de muestras independientes | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| CBR | Se asumen varianzas iguales | 5,319 | ,082 | 7,562 | 4 | ,002 | ,015333 | ,002028 | ,009704 | ,020963 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | 7,562 | 2,000 | ,017 | ,015333 | ,002028 | ,006609 | ,024057 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 44: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 6.0% de Caucho

| Prueba de muestras independientes | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| CBR | Se asumen varianzas iguales | 5,319 | ,082 | -1,315 | 4 | ,259 | -,002667 | ,002028 | -,008296 | ,002963 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -1,315 | 2,000 | ,319 | -,002667 | ,002028 | -,011391 | ,006057 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 45: Prueba T de student con el software SPSS del Suelo + 7.2% de Caucho

| Prueba de muestras independientes | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| CBR | Se asumen varianzas iguales | 5,319 | ,082 | -16,111 | 4 | ,000 | -,032667 | ,002028 | -,038296 | -,027037 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -16,111 | 2,000 | ,004 | -,032667 | ,002028 | -,041391 | -,023943 |

Fuente: Elaboración propia.