



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Estabilización de la subrasante incorporando caucho y cal,
en la Av.Chimpu Oclo, Carabaylo, 2020”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Martínez Becerra, Roberth Alex (ORCID: 0000-0001-9989-7855)

ASESOR:

Mg. Ing. Raúl Antonio Pinto Barrantes (ORCID: 0000-0002-9573-0182)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERU

2020

Dedicatoria

A mis tíos ELIBRANDO MARTINEZ AGUILA y ELIDA MARTINEZ AGUILA, quienes no solo están presentes en esta etapa de mi vida, sino que al contrario han estado siempre ahí conmigo brindándome su apoyo incondicional, consejos, comprensión, amor y motivación en momentos difíciles; además de mis abuelos ROBERTO MARTINEZ CARHUAPOMA y LUZ MARIA AGUILA CANO, y mi prima ESMILDA MARTINEZ SEMBRERA, familiares y amigos, que entre todos me han formado en el tipo de persona que soy, con valores, principios, carácter, coraje y perseverancia para conseguir mis objetivos.

Roberth Alex Martínez Becerra.

Agradecimiento

Primeramente a Dios, quien me supo guiar por el buen camino, dándome la fuerza necesaria para seguir adelante con el paso firme hasta lograr mis objetivos y no rendirme ante los obstáculos que se iban presentando en el camino, sobre todo en esos momentos donde el camino te presenta varias opciones y no sabes cual tomar por la situación del momento, pero gracias a él elegimos el correcto.

A nuestros padres, hermanos, familiares y amigos que entre todos contribuyeron para hacer posible nuestro sueño de ser un INGENIERO CIVIL.

A nuestros docentes que estuvieron presentes en toda esta etapa de formación, personas de gran sabiduría y experiencia en la formación de profesionales.

Roberth Martínez.

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	59
3.1. Tipo y diseño de investigación	59
3.2. Variables y operacionalización	60
3.3. Población, muestra y muestreo	60
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos	60
3.5. Procedimientos	61
3.6. Método de análisis de datos	62
3.7. Aspectos éticos	62
IV. RESULTADOS	67
4.1. Ubicación geográfica	68
4.2. Nombre del proyecto	68
4.3. Trabajo de campo	70
V. DISCUSIÓN	90
VI. CONCLUSIONES	96
VII. RECOMENDACIONES	97
REFERENCIAS	99
ANEXOS	111
Anexo 1: Declaratoria de Autenticidad del autor	112
Anexo 2: Declaratoria de Autenticidad del asesor	113
Anexo 3: Matriz de Consistencia	114
Anexo 4: Matriz de Operacionalización de la Variable	115
Anexo 5: Informe De Opinión Sobre Instrumento Investigación Científica	116

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de suelos según el método AASHTO	25
Tabla 2. Símbolos de grupo	26
Tabla 3. Resumen ensayo Proctor Estándar y Modificado	28
Tabla 4. Métodos de Proctor a utilizar	29
Tabla 5. Resultados del Ensayo Proctor	29
Tabla 6. Límites de Atterberg	30
Tabla 7. Clasificación del suelo en función de la subrasante.	32
Tabla 8. Clasificación de subrasante	32
Tabla 9. Criterios para estabilizar un suelo	36
Tabla 10. Masa mínima recomendada	42
Tabla 11. Producción mundial del caucho natural	47
Tabla 12. Comparación de propiedades del caucho natural y caucho SBR	49
Tabla 13. Comparación de propiedades del caucho natural y sintético	50
Tabla 14. Ventajas y desventajas del caucho natural y caucho sintético	51
Tabla 15. Guía Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador	56
Tabla 16. Guía Complementaria Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador	57
Tabla 17. Método de análisis de datos	63
Tabla 18. Ubicación y descripción técnica de las calicatas	71
Tabla 19. Granulometría de la muestra de la calicata M-01 en estado Natural	75
Tabla 20. Resultado de clasificación SUCS, AASTHO y contenido de Humedad de la muestra M-01	77
Tabla 21. Resultado de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad De la muestra M-01	78
Tabla 22. Resultado de compactación con energía modificada-Proctor Modificado M-01	78
Tabla 23. Cuadro comparativo de resultado de Proctor Modificado de la muestra M-01 + dosificaciones de 3%, 5% y 7% de caucho y Cal	83
Tabla 24. Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 al natural	84

Tabla 25. Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 +3% de caucho y cal	86
Tabla 26. Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 +5% de caucho y cal.	87
Tabla 27. Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 +7% de caucho y cal	89
Tabla 28. Cuadro comparativo de resultado de CBR de la muestra M-01 +dosificaciones de 3%, 5% y 7% de caucho y cal	91

Índice de figuras

Figura 1. Perfil típico de una estructura de pavimento flexible	19
Figura 2. Capas del pavimento flexible	20
Figura 3. Expresión detallada al método de CBR.	31
Figura 4. Medidas de penetración y presión en el vástago en el suelo.	31
Figura 5. Diámetro del suelo (tamizado)	39
Figura 6. Tamices (Mallas para tamizado)	40
Figura 7. Curva granulométrica	41
Figura 8. Formula Contenido de humedad	43
Figura 9. Casa Grande	43
Figura10. Límite Líquido	44
Figura11. Rollitos Límite Plástico.	45
Figura 12. Caucho en el mundo.	46
Figura 13. Descripción gráfica de la producción mundial de caucho natural.	47
Figura 14. Muros antiexplosivos	52
Figura 15. Tejas	53
Figura 16. Aditivo	54
Figura 17. Ubicación del distrito de Carabayllo en el mapa del Perú	69
Figura 18. Ubicación del distrito de Carabayllo en el mapa de Lima	69
Figura 19. Calicata en sitú muestra M-01	70
Figura 20. Ubicación de la calicata M-01	71
Figura 21. Ensayos de la muestra M-01 en laboratorio	72
Figura 22. Toma de muestra M-01 en zona de trabajo	72
Figura 23. Registro de muestra M-01 en zona de trabajo	72
Figura 24. Ensayos de la muestra M-01 + combinaciones de caucho y cal	75
Figura 25. Curva de granulometría de la muestra de la calicata M-01 en estado natural	76
Figura 26. Diagrama relación optimo contenido de humedad-densidad máxima del suelo natural	79

Figura 27. Diagrama relación óptimo contenido de humedad - densidad máxima seca de la muestra M-01 + 3 % de caucho y cal.	80
Figura 28. Diagrama relación óptimo contenido de humedad - densidad máxima seca de la muestra M-01 + 5 % de caucho y cal respectivamente.	81
Figura 29. Diagrama relación óptimo contenido de humedad - densidad máxima seca de la muestra M-01 + 7 % de caucho y cal.	82
Figura 30. Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 en estado natural.	85
Figura 31. Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 + 3% caucho y cal.	87
Figura 32. Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 + 5% caucho y cal.	88
Figura 33. Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 + 7% caucho y cal.	90

Resumen

El presente trabajo de investigación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se realizó con la finalidad de aportar nuevas técnicas de mejoramiento de la sub rasante a partir de la reutilización de un productos de residuos sólidos como es el caucho acompañado de cal para hacer más efectiva sus propiedades del suelo, siendo nuestro principal objetivo determinar cómo influye la cal y el caucho en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo, la metodología utilizada es aplicada de tipo experimental, método realizado a partir de los datos obtenidos de un laboratorio especializado en suelos; por otro lado los ensayos más relevantes para esta investigación son: Proctor Modificado, Atterberg y CBR, para las cuales se determinaron diferentes porcentajes de caucho granulado y caucho triturado en combinación con diferentes porcentajes de cal, obteniendo los resultados en laboratorio de suelos WRC S.A.C. INGENIERÍA Y GEOTECNIA y representadas en las figuras mostradas, se aprueba la hipótesis que la adición del caucho y cal, influyen en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020, el porcentaje de adición más óptimo para el mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos es del 12.10% y 11.50% de caucho y cal respectivamente. Por lo que se concluye que la adición de caucho y cal en 3%, 5% y 7% de manera independiente, la cal tiene un mejor comportamiento que el caucho en la estabilización de suelos CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) y A-4 IG (4), según la clasificación SUCS y AASHTO

Palabras claves: Caucho Granulado, Caucho triturado, Cal.

Abstract

The present research work to obtain the professional title of Civil Engineer, was carried out in order to provide new techniques to improve the subgrade from the reuse of solid waste products such as rubber accompanied by lime to make more effective its soil properties, our main objective being to determine how lime and rubber influence the properties of the subgrade in Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo, the methodology used is applied experimentally, a method carried out from the data obtained from a specialized soil laboratory; On the other hand, the most relevant tests for this research are: Modified Proctor, Atterberg and CBR, for which different percentages of granulated rubber and crushed rubber were determined in combination with different percentages of lime, obtaining the results in the soil laboratory WRC S.A.C. ENGINEERING AND GEOTECHNICS and represented in the figures shown, the hypothesis is approved that the addition of rubber and lime influence the properties of the subgrade in Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020, the most optimal percentage of addition for the improvement of the properties of clay soils are 12.10% and 11.50% of rubber and lime respectively. Therefore, it is concluded that the addition of rubber and lime in 3%, 5% and 7% independently, lime has a better behavior than rubber in the stabilization of soils CL (inorganic clay with low plasticity) and A- 4 IG (4), according to SUCS and AASHTO classification

Keywords: Granulated Rubber, Crushed Rubber, Lime.

I. INTRODUCCIÓN

El mundo viene presentando diferentes problemas en el campo de la Ingeniería, y principalmente problemas ambientales en donde presentamos una producción de abundantes desechos, y en consecuencia se producen contaminación en el medio ambiente generados por la falta de control y eliminación de los desechos.

En estos tiempos, la eliminación de diferentes desperdicios de industrias es un problema importante ya que muchos de éstos no son biodegradables y difieren centenas de años en descomponerse perjudicando así al medio ambiente. Existe un déficit considerable de un adecuado tratamiento de gestión de residuos sólidos en los tres niveles de Gobierno, especialmente en lo que corresponde a plantas de tratamiento de residuos sólidos que conlleven a una adecuada reutilización de los mismos. Algunas alternativas que se emplean para controlar los desechos son los vertederos y reutilización de los materiales, sin embargo, se han optado por algunas implementaciones para reducir la contaminación ambiental como por ejemplo la reutilización de productos como el caucho entre otros, para la construcción de pavimentos debido a que ofrecen altos rendimientos económicos protegiendo así el medio ambiente y resguardando las riquezas naturales. Concurren en los compradores millares de mercancías que se pueden reconsiderar, entre los cuales se hallan las llantas. En Perú cierta parte de los neumáticos luego de su uso, son acumuladas en almacenes escondidos, techos o patios de residencias y en áreas públicas (lagunas, ríos, calles y parques) con peligrosos resultados en métodos ambientales, financieros y sanitarios. Las llantas usadas se convierten en el ambiente ideal para roedores como las ratas y mosquitos, que transfieren otras enfermedades. Cuando los cauchos acabados se colocan en botaderos a cielo directo, infectan en suelo, los caudales naturales renovables y entristecen el paisaje. Considerablemente, forman problemas en la maniobra de los rellenos sanitarios.

Entre los residuos que perjudican el medio ambiente están los neumáticos desechados de los vehículos que tardan hasta mil años en degradarse y desaparecer de la naturaleza, y en muchos casos son utilizados como principal material para las manifestaciones dándole un uso inadecuado en la quema de este

material el cual libera una sustancia de (óxido de azufre) que es perjudicial para la salud humana ocasionando enfermedades respiratorias y graves problemas ambientales. Por otro lado tenemos los problemas relacionados a la ciencia de la Ingeniería Vial, en donde los ingenieros geotécnicos de todo el mundo buscan nuevos materiales alternativos de bajos costos para mejorar los diferentes tipos de suelos en cuanto a su resistencia y estabilidad en la subrasante del pavimento que muchas veces carecen de estas propiedades; y es por ello que el caucho se ha ido reutilizando como aditivos de asfalto, aditivos de hormigón mejorando así la resistencia del suelo natural y los límites de consistencia en presencia de suelos arcillosos el cual trae consigo también efectos positivos en el medio ambiente.

Respecto a los problemas geotécnicos, en el Perú ya se elaboraron responsabilidades de investigación que valdrán como antecedentes para el presente trabajo, los cuales tuvieron como finalidad la determinación del comportamiento de los materiales reutilizables como el caucho en diferentes presentaciones como granos, emulsiones para el mejoramiento de la carpeta asfáltica y en polvo para la estabilidad de la subrasante los cuales tuvieron consecuencias muy eficientes en cuanto la ventaja de las posesiones físicas y mecánicas de la subrasante y a la vez redujeron considerablemente los límites de consistencia, aumentando así la capacidad portante y estabilidad del suelo. Hacia el reciclamiento de llantas coexisten varios métodos ya avanzados, único de ellos es el reciclaje por aplastamiento maquinaria, de este proceso se consigue el beneficio llamado "Arena Plástica" el cual tiene varias aplicaciones y se plantea en esta investigación usarlo a modo materia prima para el mejoramiento y estabilización de la subrasante. En nuestra nación, concurren reglas que normalizan el método apropiado de unos despojos que ocasionan un gran golpe en su destreza final regularizados por el Ministerio de Ambiente.

Es por ello que en la actual investigación se ha planteado el siguiente **problema general**: ¿Cómo influye la incorporación de cal y caucho en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020?

Problemas específicos: ¿Cómo influye la cal y el caucho en la plasticidad de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020? ¿Cómo influye la cal y el caucho en la compactación de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo

2020? ¿Cómo influye la cal y el caucho en la resistencia de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020? ¿Cómo influye la dosificación de cal y caucho en las propiedades sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020?

Justificación de la investigación:

Justificación teórica A través de esta exploración se busca ampliar nuestros conocimientos acerca del comportamiento físico y mecánico que tiene la subrasante con la incorporación del caucho, aplicaremos los conceptos de estabilización de suelos con un material o residuo que actualmente posee importantes propiedades que beneficiarían el aspecto técnico económico en la elaboración de los planes de infraestructura vial, manifestándolo a través de nuestros indicadores como son: Índice de plasticidad, máxima densidad seca, inmejorable implícito de humedad, CBR, etc.

Justificación metodológica Es necesario seguir los procedimientos y estándares metodológicos para aplicarlos a la Ingeniería con finalidad de realizar una investigación científica y técnica. El soporte fundamental metodológico radica en el diseño de investigación puesto que la experiencia en campo tendrá un papel preponderante.

Justificación técnica La investigación a realizar busca emplear el caucho en la subrasante a evaluar con la finalidad mejorar su plasticidad, compactación y resistencia, aplicando los conceptos técnicos del Manual de Carreteras de suelos, geología y asfaltos respecto al mejoramiento de subrasante empleando estabilización de tierras con productos químicos.

Justificación social Es importante que la infraestructura vial se encuentre en óptimo estado y su tiempo de vida útil sea el previsto, para esto se requiere que los proyectos sean amigables, de calidad, técnicamente viables y económicamente viables. La sociedad requiere que las vías se encuentren en buen estado para favorecer la fluidez del tránsito y que las actividades de comercialización, turismo, educación, trabajo, etc. no tengan retrasos en la movilidad.

Hipótesis:

Hipótesis general: La cal y caucho influyen en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020

Hipótesis específicas: La cal y el caucho influyen en la plasticidad de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020. La cal y el caucho influyen en la compactación de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020. La cal y el caucho influyen en la resistencia de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020. La dosificación de cal y caucho influyen en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.

Objetivos:

Objetivo general: Determinar cómo influye la cal y el caucho en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.

Objetivos específicos: Determinar la influencia de la cal y el caucho en la plasticidad de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020. Determinar la influencia de la cal y caucho en la compactación de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020. Determinar la influencia de la cal y la caucho en la resistencia de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020. Determinar la influencia de la dosificación de cal y caucho en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes nacionales** tenemos a Cubas (2019) en su tesis titulada **“Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes”** para nombrarse el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte tuvo tal **objetivo** establecer la severidad mecánica de un material para afirmado tras la incorporación del caucho granulado (2mm-6mm) en porcentajes de (3%, 5% y 7%). Se obtuvo como **resultados** que la cantera evaluada “El Gavilán” presenta un suelo GC (Grava arcillosa) tiene un 32.47% de resistencia a la abrasión, gradación tipo A-1 cumpliendo así con los parámetros mínimos de material para afirmado establecidos por la Norma Técnica Peruana del MTC (2013), presentó la siguiente consistencia de un final líquido de 11.60% y no presenta límite plástico por ser un burdo granular, y una capacidad de soporte (CBR) de 55.63%, además presentó un Extra Contenido de Humedad (OCH) de 5.35% y Máxima Densidad Seca (MDS) de 2.30g/cm³. Se empleó el caucho granular (2mm-6mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 3%, 5% y 7% se obtuvo los siguientes resultados.

La incorporación del 3% del caucho granular aumenta su OCH en un 6.30%, disminuye su MDS y CBR en 2.19 g/cm³ y 16.50% respectivamente.

La incorporación del 5% del caucho granular aumenta su OCH en un 6.65%, disminuye su MDS y CBR en 2.16 g/cm³ y 13.91% respectivamente.

La incorporación del 7% del caucho granular aumenta su OCH en un 7.45%, disminuye su MDS y CBR en 2.065 g/cm³ y 8.80% respectivamente. Se **concluyó** que no es recomendable emplear el caucho granular en un suelo GC (grava arcillosa) ya que se presentó un incremento del OCH y por ende disminuyó su CBR y MDS.

Díaz y Torres (2019) en su tesis titulada **“Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”** para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Jaén tuvo como **objetivo** determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos a través de la adición del caucho de neumáticos que pasa la malla #10 (2mm a menos). Se obtuvo como **resultados** que el Centro Poblado San Agustín presenta un suelo tipo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) según la clasificación SUCS y A-7-5 según AASHTO, presentó la siguiente consistencia de un límite líquido de 64%, límite plástico de 32% e índice de plasticidad de 32%, y un CBR de 3.22% el cual está considerada según el MTC como un material inadecuado para la subrasante, además presentó un OCH de 25.72% y MDS de

1.551g/cm³. Se empleó el caucho granular (2mm a menos) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 1%, 3%, 5%, 7% y 9% se obtuvo los siguientes resultados.

La incorporación del 1% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 5.92% y OCH de 25.72% a 27.59%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.542g/cm³.

La incorporación del 3% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 6.82% y OCH de 25.72% a 30%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.505g/cm³.

La incorporación del 5% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 6.67% y OCH de 25.72% a 28.17%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.492g/cm³.

La incorporación del 7% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 5.10% y OCH de 25.72% a 26.51%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.49g/cm³.

La incorporación del 9% del caucho granular se obtuvo un CBR de 3.22%; y aumentó el OCH de 25.72% a 27.05% y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.44g/cm³. Se **concluyó** que es recomendable utilizar un 3% de caucho granular para estabilizar un suelo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) debido a que aumenta su CBR y OCH, así mismo disminuye su MDS.

Cusquisibán (2014) en su tesis titulada ***“Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento”*** para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Cajamarca tuvo como **objetivo** mejorar la capacidad de soporte de suelos arcillosos incorporando caucho granular de neumáticos que pasan la malla ½” (12.7mm a menos) y así contribuir con la protección del medio ambiente. Se obtuvo como **resultados** que según la clasificación SUCS el suelo a estudiar es de tipo OH (Suelos orgánicos de alta plasticidad) y OL (Suelos orgánicos de baja plasticidad) y A-7-5 según AASHTO, presentó la siguiente consistencia de un límite líquido de 55%, límite plástico de 35% e índice de plasticidad de 20%, y un CBR de 7.10%, además presentó un OCH de 15.70% y MDS de 1.779g/cm³. Se empleó el caucho granular (12.7mm a menos) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 20%, 40% y 60% se obtuvo los siguientes resultados.

La incorporación del 20% del caucho granular aumentó su CBR de 7.10% a 10% y MDS de 1.779g/cm³ a 1.783g/cm³; y disminuyó su OCH de 15.70% a 14.30%.

La incorporación del 40% del caucho granular aumentó su CBR de 7.10% a 30.40% y MDS de 1.779g/cm³ a 1.826g/cm³; y disminuyó su OCH de 15.70% a 13.80%. La incorporación del 60% del caucho granular aumentó su CBR de 7.10% a 41% y MDS de 1.779g/cm³ a 2.223g/cm³; y disminuyó su OCH de 15.70% a 7.60%. Se **concluyó** que es recomendable emplear 60% de caucho granular para estabilizar un suelo OH (suelos orgánicos de alta plasticidad) y OL (suelos orgánicos de baja plasticidad), ya que aumenta su CBR y OCH; y a la vez disminuye su MDS.

Por su parte, Jara (2014) con su tesis titulada: “**Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso, se plantearon como objetivos evaluar el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso en Cajamarca**”, El **objetivo** tuvo agrandar la firmeza de la subrasante. La sistemática utilizada comprendió el marco legal e institucional del bosquejo de caminos no pavimentados de mezquino volumen de tránsito (p. 9). Alcanzaron como **resultado** que, habiéndose hechos los ensayos de tierras en el laboratorio, estos no lograban la resistencia necesaria para una extra estabilización, trasmitido esto se tuvo que hacer mezclas de suelo y cal. Se **concluyó** que el CBR de desafío al 95% máximo se logra con un porcentaje de cal a de 4% con un valor de 11.48%. El CBR mínimo es de 2.55% sin añadir cal a la muestra, el cual está por debajo de 6 exigido para subrasantes según norma (MTC EM 115).

Por otro lado, Gutiérrez (2014) con su tesis titulada:” **Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio frente al cloruro de calcio**” tiene como **objetivo** usar y comparar dos tipos de agregados químicos que impliquen satisfactorios para la estabilización de tierras su metodología traída permite conocer las ventajas técnicas, económicas y ambientales de los productos químicos estabilizadores (p. 4). El **resultado** es íntegro a que los métodos realizados el cloruro de magnesio tiene grandes quebrantos frente al cloruro de calcio por que este se adecua a las condiciones climatológicas del Perú ya que el cloruro de magnesio se necesitan altas cantidades para tener muchedumbres (28%) que a comparación del cloruro de calcio no sucede así (40%), por lo tanto la **conclusión** es que para la estabilidad y habilitación de caminos y que cumplan con las perspectivas de economía y permanencia para las zonas de la costa peruana es el cloruro de calcio.

Cuadros, (2017), en su disertación para elegir el título profesional de ingeniero civil titulado "***Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante de manera confirmada para la red vial departamental en la región de Junín a través de la estabilización química con óxido de calcio - 2016***", de la Universidad Peruana de Los Andes, que presento como un **objetivo** para determinar el efecto de la estabilización química al agregar diferentes proporciones de óxido de calcio para regenerar las pertenencias físico-mecánicas de la subrasante de manera confirmada para la Red de Departamentos de la Región de Junín, el método utilizado en esta investigación es experimental, la población era la cota vial departamental en el territorio de Junín, la prueba es una ruta confirmada para la red vial departamental en el territorio de Junín. Donde se obtuvo como **resultado**. Para esta prueba, se repitió el mismo procedimiento en la prueba CBR para suelo natural, esta vez el porcentaje de óxido de calcio se incrementó en 1%, 3%, 5% y 7% con respecto al peso del suelo. Todo esto para decretar el porcentaje extremado de cal necesario para aumentar la tenacidad del suelo y que cumpla con las medidas del manual del camino "Suelo, geología, geo tecnología y pavimentos" - sección del suelo. Para **concluir** que la estabilidad artificial con óxido de calcio afecta los patrimonios físico-mecánicas de la subrasante, ya que comprime el índice de plasticidad y agranda el valor de soporte (C.B.R.) del suelo afianzado en relación con el suelo natural.

Álvarez y Gutiérrez (2019) en su trabajo de investigación titulada "***Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica***" para optar el grado de bachiller en Ingeniería Civil en la Universidad peruana de Ciencias Aplicadas tuvo como **objetivo** mejorar la resistencia al corte en el suelo y evaluar la capacidad de soporte a la penetración a través de la incorporación de caucho en polvo (2mm a 0.075mm) en proporciones de 1.5%, 2.5% y 3.5%. Se obtuvo como **resultados** que según la clasificación SUCS el suelo a estudiar es de tipo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad), presentó la siguiente consistencia de un límite líquido de 34%, límite plástico de 21% e índice de plasticidad de 13%, y un CBR de 3.20%, además presentó un OCH de 17.40% y MDS de 1.535g/cm³ Se empleó el caucho en polvo (2mm a 0.075mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 1.5%, 2.5% y 3.5% se obtuvo los siguientes resultados.

La incorporación del 1.5% del caucho en polvo aumentó su CBR de 3.20% a 5% y MDS de 1.535g/cm³ a 1.543g/cm³; y disminuyó su OCH de 17.40% a 17%. Además, disminuyó su límite líquido de 34% a 33%, aumentó su límite plástico de 21% a 22% y disminuyó su índice de plasticidad de 13% a 11%.

La incorporación del 2.50% del caucho en polvo aumentó su CBR de 3.20% a 8.70% y MDS de 1.535g/cm³ a 1.56g/cm³; y disminuyó su OCH de 17.40% a 16.70%. Además, disminuyó su límite líquido de 34% a 31%, aumentó su límite plástico de 21% a 22% y disminuyó su índice de plasticidad de 13% a 9%.

La incorporación del 3.50% del caucho en polvo aumentó su CBR de 3.20% a 9.40% y MDS de 1.535g/cm³ a 1.562g/cm³; y disminuyó su OCH de 17.40% a 16.40%. Además, disminuyó su límite líquido de 34% a 29%, presentó un límite plástico de 21% y disminuyó su índice de plasticidad de 13% a 8%. Se **concluyó** que es recomendable emplear 3.50% de caucho en polvo en un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) ya que aumenta su CBR y MDS, y a la vez disminuye su OCH e índice de plasticidad (IP).

Como **antecedentes internacionales** tenemos a Laica (2016) en su tesis titulada ***“Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base”*** para preferir el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Técnica de Ambato tuvo como **objetivo** mejorar las posesiones mecánicas de una sub base (clase 3) mediante la incorporación de polímero reciclado (caucho). Se obtuvo como **resultados** que según la clasificación SUCS el suelo a estudiar es de tipo GC (Grava arcillosa), presentó la siguiente consistencia de un límite líquido de 21.90%, término plástico de 20.70% e índice de plasticidad de 1.2%, y un CBR de 25%, además presentó un OCH de 10.40% y MDS de 1.928g/cm³. Se empleó el caucho reciclado y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 3%, 6% y 9% se obtuvo los siguientes resultados.

La incorporación del 3% del caucho reciclado disminuye su CBR, MDS y OCH en 18.40%, 1.91g/cm³ y 10.05% respectivamente.

La incorporación del 6% del caucho reciclado disminuye su CBR, MDS y OCH en 12.10%, 1.845g/cm³ y 9.60% respectivamente.

La incorporación del 9% del caucho reciclado disminuye su CBR, MDS y OCH en 10.20%, 1.81g/cm³ y 9.40% respectivamente. Se **concluyó** que no es

recomendable utilizar el caucho reciclado para un suelo GC (grava arcillosa) dado que disminuyó su CBR, OCH y MDS.

Laica (2016) realizó la siguiente investigación titulada “**Influencia de la inclusión del polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base**”, desarrollada en la ciudad Ambato de Ecuador, el trabajo tuvo como **objetivo** mejorar las cualidades de mecanismo de una sub base con la inclusión de polímero reciclado empezando a recolectar los materiales necesarios, tuvo como **resultado** que el aditamento del 3% de caucho se obtuvo un CBR de 19.1%, con el 6% se obtuvo un 11.9% y con un 9% se obtuvo un 9.9%, dichas condiciones **concluyeron** que la resistencia de una sub base a medida que se le acondiciona caucho en porcentaje diferente su resistencia va decreciendo.

Martínez (2014) en su tesis titulada “**Estabilización de suelos con cal hidratada para uso en pavimentos rígidos en la zona oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán**” para obtener el título de Ingeniera Civil en la Universidad Don Vasco A. c. México. Tuvo como **objetivo** de investigación mejorar las condiciones del subsuelo de las colonias de la zona Oriente, para construir en un futuro estructuras de pavimento con la optimización de materiales y costos, además de asegurar la vida útil de los mismo. Fue un estudio de tipo aplicada, empleo el método científico, también se basa en el método matemático ya que compararan propiedades de repetición tipo de suelo en la línea de estudio, de enfoque cuantitativo, diseño experimental, se usaron instrumentos como la entrevista, pruebas de laboratorio y la observación en campo. Buscan que al agregar la cal extender la resistencia a los esfuerzos normales y tangenciales en la que usaran pruebas como el Valor Soporte California, penetración confinada y ensayo triaxial; optaron por elegir un porcentaje mínimo de 2% de cal capaz de conferirle las propiedades necesarias al suelo. Los principales **resultados** fueron que con las pruebas realizadas , como, el Valor Relativo de Soporte en el material sin estabilizar da como valor en el S-1 5.45% y en la capa estabilizada con cal da como valor 22.20%, haciendo de estos resultados valores que puedes comparativos; también concluyeron que el grosor de la capa de sub-base sin estabilizar era de 25cm y con el porcentaje de cal como estabilizador se redujo a 20cm, lo mismo sucede con la losa de concreto hidráulico, estabilizar su obtuvo un espesor de 16cm y estabilizado un espesor de 12cm. Se

concluyó que con lo antes mencionado comprueba que el uso de cal en estos suelos mejora las propiedades del suelo.

Hernández, Mejía y Zelaya (2016) en su tesis titulada ***“Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la Universidad del Salvador”*** para nombrar el título de Ingeniero Civil en la Universidad del Salvador. Tuvo como **objetivo de investigación** examinar las mejoras en el conducta de un suelo arcilloso mediante la uso de cal como agente estabilizador para ser manipulado como subrasante de pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador, para obtener efectos se tomó muestras en el Km.144 vía a el Cuco Cantón el Jute, san miguel que se encuentra ubicado en la misma Universidad, realizaron 5 sondeos al largo de la vía proyectada para realizar los diversos ensayos a la muestras obtenidas. Los principales **resultados** fueron que al realizar el método de EADES y GRIM para establecer el porcentaje óptimo de cal para estabilizar, llegaron a definir que el 5% de cal era el adecuado, concluyeron que el suelo no era considerado para una buena subrasante ya que el CBR erad e 1.93%, pero con la adición del 5% de cal este tuvo un notable incremento de 54% siendo este apto para la capa subrasante en un pavimento rígido, lo mismo sucede en cuanto al índice de plasticidad ya que se observa una gran disminución de un45% a 0% . Se **concluyó** que el uso de cal apoya a secar de forma rápida los suelos frescos, esto facilita la compactación.

Así mismo Giovanni(2015), en su trabajo de investigación titulado ***“Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur”*** tuvo como **objetivo** alterar las pertenencias físicas del suelo para así optimizar las condiciones de la plasticidad e aumentar la resistencia y durabilidad para poder ayudar en la subrasante para obras civiles en este caso la vialidad en el sector de Santos Pamba para ello se realizaron pruebas en el laboratorio para analizar los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8% de conglomerante ya sea cal o cemento en 3 tipos de molde , los **resultados** que se lograron según el ensayo de CBR en el primer molde, en el

suelo real 21.6, adicionado con 2% dio 22.78, con 4% dio 23.85, con 6% dio 23.41 y con 8% dio 23.25. Para el segundo molde el suelo real era 23.7, con 2% dio 27.49, con 4% dio 29.23, con 6% dio 29.16 y con 8% dio 27.54. Para el tercer molde, en el suelo real dio 30.1, con 2% dio 30.8, con 4% dio 33.29, con 6% dio 33.48 y con 8% dio 32.57, **concluyendo** La calle en tratado, tiene como material de subrasante un suelo de tipo limo arenoso, con pómez y de color café claro, por lo cual, persiguiendo las normas internacionales de estabilización de suelos y a partir de los pruebas de laboratorio realizados, se ha encomendado efectuar una estabilización con cemento para lograr una mayor mejora de la subrasante.

Por lo cual Navarro (2013), en su tema de investigación “**CONFECCIÓN Y SEGUIMIENTO DE TRAMOS DE PRUEBA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON INCORPORACIÓN DE POLVO DE CAUCHO NACIONAL DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU) MEDIANTE VÍA SECA**” tuvo como **objetivo** primordial de esta memoria es la confección y rastreo de los dos primeros tramos de prueba con carpetas elaboradas con mezclas asfálticas en caliente con adición de polvo de caucho de llantas fuera de uso (NFU) por vía seca. El polvo de caucho ocupado, corresponde a una planta nacional de reciclaje de neumáticos excluidos. En los **resultados** de la compactación de la capa de rodadura son infames. En la pista N° 1, las densidades de los testigos fluctúan entre 92% y el 96% de la densidad Marshall, con un intermedio de 2182kg/m³ (94%), y de las cinco muestras calculadas, ninguna verifica la especificación. En la pista N° 2, los resultados son mejores, la compactación de las muestras fluctúa entre 96% y 98%, con una densidad promedio de 2241kg/m³ (97%), y al menos tres muestras (de cinco) desempeñan la compactación mínima requerida , por ello se **concluye** Con respecto a la distribución y compactación de la mezcla en terreno, dada la mayor viscosidad y la celeridad con que se enfría respecto a una mezcla asfáltica convencional, se deben extremar el control de temperaturas, tanto de la mezcla como de las situaciones ambientales.

In the **background in English** with lime we have, according to Palli (2015), in his research entitled “**BASIC GUIDE FOR LAND STABILIZATION WITH LIME IN ROADS OF LOW VEHICULAR INTENSITY IN THE PROVINCE OF SAN ROMAN**” the **objective** was to determined the effect of soil stabilization with lime on the mechanical properties of plastic

floors and prepare a basic guide for soil stabilization on low vehicle intensity roads in the province of San Román, therefore, the results were released according to the Consistency Limit test and taking into account the technical specifications of EG-2013 for roads at the affirmed level which indicates: A limit maximum liquid of 35 which is satisfactorily met in all cases and for the 2 quarries. In both cases, as the theory indicates, the Liquid Limit decreases and the Plastic Limit increases, as a consequence, the Plasticity Index decreases. The Plasticity Index whose requirements must be in a variation range of 4% to 9% is not met for the 2 quarries, however, adding Cal is met for 4% and 6% for the Chullunquiani quarry and 2%, 4% and 6% for the soils of the Taparachi quarry; concluding in this way that the addition of Cal, consequently improves its mechanical properties to be used in the conformation of roads at the level of affirmed meeting the requirements of the technical specifications, also resulted in the Tapachiri road that the CBR increases with the addition of lime according to its percentage, without lime it was a percentage of 42% of CBR, with 2% of lime obtained 93% CBR, with 4% lime he obtained 116% CBR, with 6% lime he obtained 114% CBR, with 8% lime he obtained 153% CBR, with 10% lime he obtained 164% of CBR and in the plasticity index it was reduced without lime was a percentage of 14.12% of IP, with 2% of lime it obtained 9.04% of IP, with 4% of lime it obtained a 7.27% of IP, with 6% of lime it obtained 4.56% of IP, with 8% of lime it obtained 0.99% of IP, with 10% of lime it obtained 0.02% of IP, in this way La Cal is concluded as a stabilizing agent of soils if it improves the mechanical properties of the quarry material, this was due to the fact that when mixing the soil with lime, a rapid reaction of flocculation and ion exchange occurs, followed by another very slow type Puzonalica, with the formation of new chemical products, Lime, when combined with silece, alumina from soil and water particles, produces silicates and aluminates similar to those of cement; This generates a considerable increase in the Relative Value of CBR Support of the Soil, considering it suitable for use in the formation of Affirmed according to EG-2013.

Ravichandran, Prasad, Divya y Rajkumar (2016) en el artículo titulado “Effect of Addition of Waste Tyre Crumb Rubber on Weak Soil Stabilisation” se evaluó el tipo de suelo CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad) con dos porcentajes diferentes de grano fino, obteniéndose los siguientes **resultados**. El **primer porcentaje** de grano fino que se presentó la muestra A1 es igual 97% y a la vez presentó la siguiente consistencia de un límite líquido de 74%, límite plástico de 36% e índice de plasticidad de 38%, y un CBR de 3.10%, además presentó un OCH de 25% y

MDS de 1.53g/cm³. Se empleó el caucho desmenuzado en polvo (0.425mm a 0.6mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% se obtuvo los siguientes resultados.

La incorporación del 5% del caucho desmenuzado en polvo aumentó su CBR de 3.10% a 5.20%, y disminuyó su MDS de 1.53g/cm³ a 1.49 g/cm³ y OCH de 25% a 23%.

La incorporación del 10% del caucho desmenuzado en polvo aumenta su CBR de 3.10% a 8.10%, y disminuyó su MDS de 1.53g/cm³ a 1.45 g/cm³ y OCH de 25% a 22%.

La incorporación del 15% del caucho desmenuzado en polvo aumenta su CBR de 3.10% a 5.60%, y disminuyó su MDS de 1.53g/cm³ a 1.40 g/cm³ y OCH de 25% a 19%.

La incorporación del 20% del caucho desmenuzado en polvo aumenta su CBR de 3.10% a 4.30%, y disminuyó su MDS de 1.53g/cm³ a 1.35 g/cm³ y OCH de 25% a 17%.

El **segundo porcentaje** de grano fino que se presentó la muestra A2 es igual 94% y a la vez presentó la siguiente consistencia de un límite líquido de 56%, límite plástico de 20% e índice de plasticidad de 36%, y un CBR de 2.70%, además presentó un OCH de 26% y MDS de 1.52g/cm³. Se empleó el caucho desmenuzado en polvo (0.425mm a 0.6mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% se obtuvo los siguientes resultados.

La incorporación del 5% del caucho desmenuzado en polvo aumentó su CBR de 2.70% a 3.40%, y disminuyó su MDS de 1.52g/cm³ a 1.51 g/cm³ y OCH de 26% a 24%.

La incorporación del 10% del caucho desmenuzado en polvo aumentó su CBR de 2.70% a 6.20%, y disminuyó su MDS de 1.52g/cm³ a 1.49 g/cm³ y OCH de 26% a 22%.

La incorporación del 15% del caucho desmenuzado en polvo aumentó su CBR de 2.70% a 5.60%, y disminuyó su MDS de 1.52g/cm³ a 1.45 g/cm³ y OCH de 26% a 20%.

La incorporación del 20% del caucho desmenuzado en polvo aumentó su CBR de 2.70% a 4.30%, y disminuyó su MDS de 1.52g/cm³ a 1.43g/cm³ y OCH de 26% a 18%. Se **concluyó** que es recomendable emplear 10% de caucho desmenuzado

en un suelo CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad) ya que aumenta su CBR el cual mejora su resistencia por ende disminuye su MDS y OCH, además el uso del caucho desmenuzado contribuye con la protección del medio ambiente reduciendo el problema de eliminación de llantas de desecho y funciona como material estabilizador introduciendo una metodología de bajo costo para la estabilización.

On the other hand (Rivera & Medina 2016) in his thesis entitled “**Influence of the incorporation of four levels (1%, 2%, 3% and 4%) of calcium chloride in the mechanical resistance of a material for affirmed**” in Cajamarca- Peru, focuses on determining properties physical and mechanical within them abrasion, particle size, Atterberg limits, compaction and CBR of a material for affirmation, to later determine how the incorporation of calcium chloride in different percentages (1%, 2%, 3% and 4%) influences each of these properties. Finally it could be seen that at incorporate calcium chloride the maximum dry density shows an increase of 2,195 gr./cm³ up to 2,253 gr. / cm³ for 4% calcium chloride; on the other hand, the optimal moisture content decreased by incorporating calcium chloride being that of the sample standard 6.10% while for the material with incorporation of 1%, 2%, 3% and 4% obtained 5.24%, 5.58%, 5.32% and 5.55% respectively. The mentioned thesis demonstrates that, due to the occasionally poor quality of the aggregate for affirmed, is that there are several investigations that look for ways to improve it by obtaining this case optimal results.

The Bach. Altamirano (2015), Genaro José and el Bach. Díaz Sandino, Axell Exequiel, supported in 2015 their Thesis: **STABILIZATION OF COHESIVE SOILS BY MEANS OF LIME IN THE ROADS OF THE SAN ISIDRO DEL PEGÓN COMMUNITY, POTOSÍ MUNICIPALITY - RIVAS**; at the Faculty of Sciences and Engineering of the National University Autonomous of Nicaragua, Managua, Nicaragua; in order to choose the Title Professional of Civil Engineer. The main objective of his research was to carry out the stabilization of clays present on the roads of the community of San Isidro del Pegón, with a lime mixture. The community located in the municipality of Potosí, Department de Rivas, presents multiple areas with plastic behavior soils, likewise, the absence of rural roads equipped with rolling folders to asphalt, paving stone or hydraulic concrete base and the access problems for export of products in the rainy season. Stabilization of clays, 12 was performed

after characterizing the soil, determining its physical properties and mechanics through field studies and laboratory tests, based on the ASTM and AASHTO standards. The data obtained was analyzed for then perform dosages on clay soils with different lime proportions (3%, 6%, 9% and 12%). When determining properties with percentages a significant improvement was achieved in terms of plasticity, density compaction; it also increased the humidity required in this process Due to the exothermic reaction that occurs between lime and clay, it increased significantly the bearing capacity of the soil. A result was achieved acceptable of the percentages of lime, it was determined that 9% of lime obtained the best soil conditions.

Ricardo, Buenaventura y Ortiz (2016), en su artículo científico titulado "**Estabilización de un Suelo Arcilloso mediante el uso de Ceniza de Cuesco de palma Africana y cal**" de la International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering, cuyo objetivo primordial para su trabajo era ilustrarse las propiedades mecánicas e hidráulicas, bajo situaciones controladas de temperatura, humedad referente y tiempo de curado, de un suelo arcilloso asegurado procedente del departamento del Vichada (Colombia). Dado que el material no cumple con requerimientos para la construcción de carreteras, la distante disposición de canteras y las situaciones climáticas de la región; es necesario que se sustituya el material al poco tiempo de instalado dado el desgaste de la capacidad de soporte, por la presencia de agua. Se ejecutó la estabilización del suelo mediante el suplemento de 7.5% ceniza de cuesco de palma africana y 4% de cal. Este trabajo busca dar una solución ambiental y ahorrativamente viable al emplear los depósitos de suelos arcillosos y la ceniza sobrante del proceso del fruto de la palma africana para la edificación de la malla vial de este departamento.

Según (Kokila, Ms L., et al, 2017). En la revista titulada "**Experimental Investigation on Soil Stabilisation Using Rubber Crumbs on Expansive Soil**". En el presente artículo se evaluó un suelo expansivo (Suelo de algodón negro), que presentó la siguiente consistencia de un término líquido de 48%, término plástico de 22% e lista de plasticidad de 26%, y un CBR de 2.5%, además presentó un OCH de 16% y MDS de 15.09g/cc. Se empleó el caucho en polvo más cal en un porcentaje constante de 3% y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 5%, 10% y 15% obteniéndose los siguientes **resultados**:

La incorporación del 5% del caucho en polvo aumentó su CBR de 2.5% a 4.90% y MDS de 15.09g/cc a 15.79g/cc respectivamente. Además, disminuyó su límite líquido de 48% a 46.50%, aumentó su límite plástico de 22% a 30% y disminuyó su índice de plasticidad de 26% a 16.50%,

La incorporación del 10% del caucho en polvo aumentó su CBR de 2.5% a 5.00% y MDS de 15.09g/cc a 17.20g/cc respectivamente. Además, disminuyó su límite líquido de 48% a 45%, aumentó su límite plástico de 22% a 33% y disminuyó su índice de plasticidad de 26% a 12%,

La incorporación del 15% del caucho en polvo aumentó su CBR de 2.5% a 5.20% y MDS de 15.09g/cc a 18g/cc. Además, disminuyó su límite líquido de 48% a 43.50%, aumentó su límite plástico de 22% a 35.50% y disminuyó su índice de plasticidad de 26% a 8%. Se **concluyó** que es recomendable emplear 15% de caucho en polvo más 3% de caliza en un suelo expansivo ya que agranda su CBR y MDS, así mismo reduce su índice de plasticidad (IP) mejorando asimismo la resistencia y consistencia del terreno.

Como **bases teóricas** relacionada a las variables tenemos lo siguiente:

Pavimentos.

Son estructuras viables que se encuentran integrado por diversas capas de materiales, que son diseñadas para tolerar el tránsito y cambios de ambiente. Asimismo, se diseñan prudentemente solo con el fin de consagrar un tránsito favorable, certero y placentero al transporte que se imponga sobre el territorio en definida fase de tiempo ya que las cargas de transporte que circulan sobre esta estructura generan en la interfaz de la cubierta esfuerzos frecuentes y alteraciones perpendiculares, decúbito y de corte. (Rondón, Reyes, 2015, p.35)

Al ser el terminante encubridor de un sedimento, las propiedades que se debe requerir en un enladrillado es ser persistente a fin de no ser remplazada asiduamente, ejecutar un espacio liso para que el agua del aguacero no se amontone moldeando charcos, consagrar una zona antideslizante para no incitar percances ya que al humedecer se tornan escurridizos y por último, que sean lo más liviano factible para así no abigarrar la organización del terreno y depreciar la edificación. (Collado y Nuño, 2006, p.319).

Pavimento flexible o asfáltico.

Es el tipo de pavimento que distribuye los esfuerzos que se aplican en áreas pequeñas, ya que tiene menor rigidez, por ello se deforman y recuperan su condición debido a que posee una capa bituminosa, que se apoya en dos cubiertas inflexibles, la base y sub- base, estas capas descansan en suelo compacto llamado sub rasante (Morales, Chávez y López, 2009, p.18).

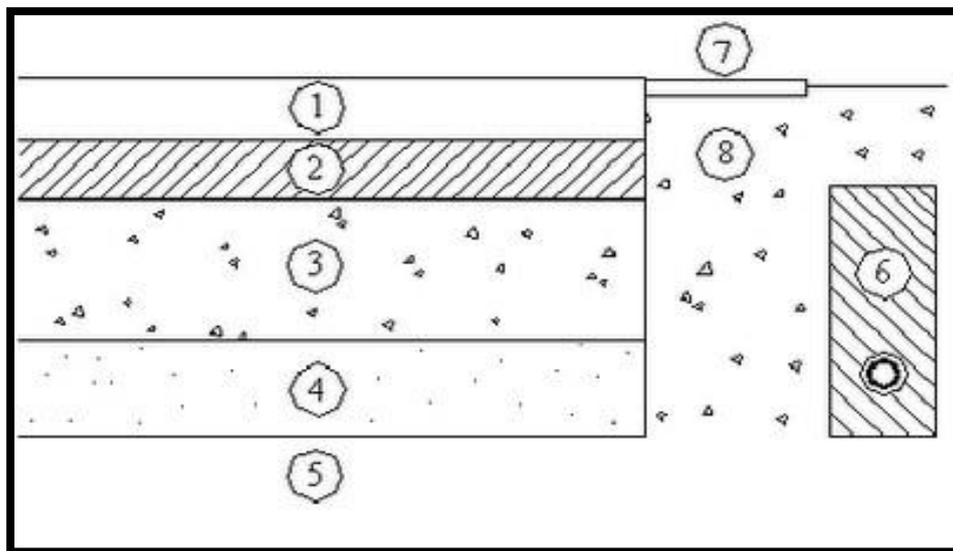


Figura.1: Perfil típico de una estructura de pavimento flexible

Fuente: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Ingeniería de pavimentos, Brasil, 2000.

Según el autor Moreno (2018, p. 29). Es importante saber que los pavimentos flexibles logran al decaimiento, las imperfecciones inalterables pueden ser excedentes o se obtienen errores enlazados a estas alteraciones, tales como grietas generalizadas, polución y sumersión. La base está compuesta por elementos áridos, manipulados con hormigón, cal, asfalto u otros estabilizantes. También, la sub base se combina de materiales de baja disposición que se usan en la base.

Los componentes de lo que puede estar realizado son diversos como piedras o maderas; sin embargo, los más corrientes para ejecutar el pavimento urbano son las mezclas asfálticas y el hormigón, puesto que es capaz de soportar el regular tránsito de vehículos.

CAPAS DEL PAVIMENTO:

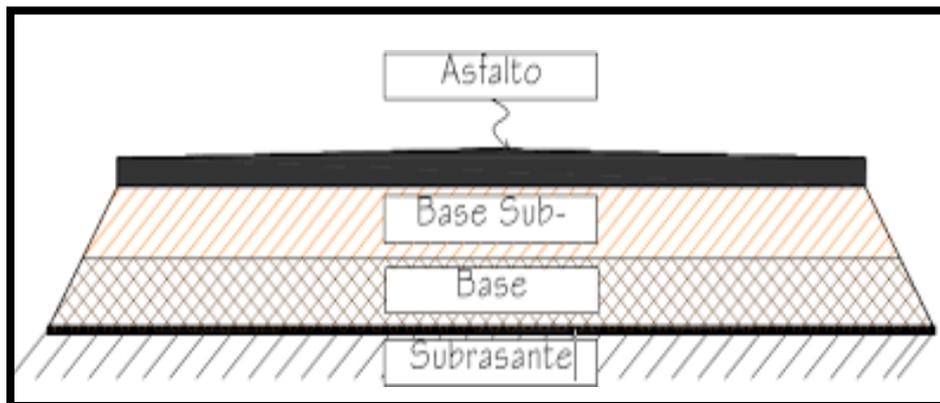


Figura 2. Capas del pavimento flexible.

Fuente: Propia

Carpeta asfáltica

Según (Morales, Chávez y López, 2009) esta capa está constituida por materiales pétreos, donde se le añade un producto asfáltico que sirve de aglutinante. (p. 20)

Es considerable que está cubierta que se edifica con el tendido y compresión, consiga un procedimiento que radica en emplear un recubrimiento fino envuelta con compuestos petrosos y cuya densidad es de 25 mm. El sostenimiento es mudable, desde una leve o sencillo a diversas adaptaciones de ingredientes asfálticos, no incrementa suficiencia estructural al pavimento, pero ofrece una cobertura impenetrable al área de la calzada y resista a la operación corrosiva del tráfico. (Solminihaç, Echaveguren y Chamorro, 2018, p, 154)

Álvarez y Carrera (2017, p.51) refieren que constituye la parte superior, teniendo como de tal modo la función de proporcionar a los automóviles que transiten una superficie sólida, pareja y de textura apropiada.

Base

Elaborada por materiales ásperos, y estos son producidos bajo un proceso estricto ya que ofrece mayor calidad que los materiales utilizados en la subbase, por ello cuando se da la estabilización química se evita que se filtre el agua a las próximas capas. (Morales, Chávez y López, 2009, p.20)

Contiene materiales pétreos, esta capa se construye sobre la sub base, su función es sostener adecuadamente el peso del tránsito vehicular, distribuyendo los esfuerzos en magnitudes idóneas a las inferiores cubiertas así no producirá alteraciones nocivas. (Álvarez y Carrera, 2017, p.51)

La base tiene como responsabilidad de ser eminentemente consistente, succionando gran parte de la sollicitación a voluntad perpendicular para el cargamento, como circulación liviano o peatón, que aplican las conservadoras bases granulares gravas y arenas de machaqueo (Herranz, 2006, p. 53).

Subbase

Compuesta por componentes naturales o conseguidos a través del proceso de trituración, siendo los procesos controlados para que se obtenga una calidad adecuada y un costo razonable, la función principal es reducir el desplazamiento de refinados de las cubiertas inferiores a la base. (Morales, Chávez y López, 2009, p.20)

Según Juárez (2004, p.531) Las esenciales acciones de la subbase de un suelo flexible es mantener la condición ahorrativa para así moldear la densidad precisa del pavimento con el componente más económico.

La primordial labor de la subbase de un pavimento se justifica obrando como drenaje para expulsar el líquido que obstruya el pavimento e impida el ascenso estrecho hacia la sede de humedad originaria de la terracería. La condición barata de la densidad podría edificarse con un componente de alta calidad, como el que se empleó en el cimiento, no obstante, es preferible hacer aquella más agudo y reemplazarlo por una sub base de bajo coste, teniendo en cuenta que este porte en su mayoría un espesor obtenido del adoquín, puesto que si tiene una escasa calidad del material situado superior será el espesor preciso que sostendrán los empeñosos trasladados. (Juárez, 2004, p. 532)

Subrasante

De acuerdo al autor Márquez (2005), la subrasante es el perímetro de las terracerías concluidas de la autopista y la rasante, es la línea del área de rodamiento, en general es semejante a la subrasante y queda sobre ella. Por lo que, se encuentra desarrollada por una secuencia de líneas razonables con sus correspondientes aplazadas, reunidas de una pendiente a otra por curvas verticales lindantes a ellas. En definitiva, para planear la subrasante se forma sobre el perfil del trazo terminante, administrando compensar los hoyos y los rellenos, pero sin exceder las pendientes señaladas para el camino que se proyecta. (p.415)

Para llegar a un estado óptimo requiere que una capa se encuentre compactada y este conformada por suelos que presentan características aceptables. (García, 2017, sp)

Asfalto

Es un material ligante que resiste de tonalidad oscura, constituido en la combinación de productos abetunados situados en el medio ambiente o conseguidos en el proceso de creación de petróleo; sirven a fin de adherencia y maleabilidad a la textura en el proceso de pavimentación. (Medina y De La Cruz, 2015, p.12)

Cuando el asfalto se calienta lo suficiente se vuelve de textura blanda, permitiendo revestir las fracciones de añadido mientras la elaboración de miscelánea caliente.

Propiedades físicas- mecánicas del suelo

Menéndez (2013, p.91) define que las propiedades físicas que tienen más relevancia son la granulometría, límite Atterberg, límite de densidad, límite de humedad. Con respecto a la rigidez tenemos en cuenta al tipo de elasticidad y CBR; y las cualidades hidráulicas que son de suma importancia ya que nos permitirán evaluar la permeabilidad, el coeficiente de drenaje y expansión.

Thompson y Troeh (2002) todo piso manifiesta un grupo particular de propiedades físicas que necesitan de la esencia de sus ingredientes, son valoradas por

indagación óptica o percepción, se calculan comparando con algún prototipo de grado (dimensión, resistencia, magnitud).

De la misma manera, se integran los tres estados de la materia heterogéneos, las cuantías referentes de estos materiales actuales requieren suficiente del volumen de la atadura entre los átomos consistentes. En conclusión, los adicionales de partículas diminutas suelen ser muy diferentes de los que componen de partículas enormes, a tal punto que la contextura del terreno como la organización afecta en la grandeza del cuerpo de poros y en la división del mismo.

Es de suma importancia saber y entender las propiedades de la subrasante, y poder desarrollar una apropiada proyección de la conducta del suelo. (Crespo, 2004, p.18)

El espesor, textura, estructura, porosidad y consistencia son importantes propiedades físicas ya que disponen una connotación directa por la densidad de la zona tomada, raíces, se halla en mayor parte determinada por la constitución física de los confines del suelo. (p.54)

Tipos de Suelo

Los suelos se determinan como la erosión de partículas originarias de la putrefacción de las rocas. La cual desde la perspectiva geológica es una roca y, por otro lado, en la geotécnica lo define como suelo (Saenz, 1975, pg, 20)

De la misma forma, los suelos se dividen en dos tipos: Orgánicos, los cuales se encuentran conformados por componentes biológicamente naturales como hummus o una materia en estado de putrefacción, esta última se puede encontrar en lagunas. Y, inorgánicos tales como suelos residuales (producto del intemperismo de las rocas) y suelo transportado (Crespo, 2005, pág. 21).

Existen cuatro tipos principales de suelos: grava, arena, limo y arcillas. La mayor parte de los suelos están compuestos de una mixtura de dos o más elementos, además pueden contener materia orgánica parcial o completamente en descomposición” (Bernal, 2005, p.18)

Clasificación de suelos

Aún no se encuentra un procedimiento de agrupación de aprobación mundial preciso a que las superficies no son una asociación restringido en campo, sino que son un todo persistente que se dispersa a todo rumbo. (Núñez, S, 1951, p.143)

Según el autor Alvarado (1985) “Los métodos de distribución de suelos definidos en distintos periodos se pueden conjuntar en: los que se fundamentan como causantes de la naturaleza, los que determinan el suelo acorde a la técnica de modificación y las consideradas propiedades del suelo y los vinculan con su creación. Los primeros son los sistemas más primitivos y los últimos se organizan de forma jerarquizada (cuantitativa o ecológicamente) (p.7).

Herráez y Moreno (2019) La organización de territorio autoriza comprender, de aspecto atributivo, las características automáticas de un terrenal, atribuyéndole las cualidades geotécnicas del grupo en el que sitúe. De los diferentes métodos existentes para identificar superficies destacan dos: El SUCS basada en análisis granulométrico y AASHTO resulta conveniente y cataloga el suelo según su calidad como cimientos en explanaciones. (p, 264).

Clasificación de suelos según el método AASHTO

AASHTO clasifica los territorios en 8 conjuntos denominados por distintivos del A-1 al A-8. Los terrenos no orgánicos se ordenan en 7 conjuntos de A-1 al A-7. Asimismo, están divididas 12 subgrupos. Los pisos con alta magnitud de sustancia natural se categorizan A-8. (Lazo, 2011, sp)

Según Macías et al. (2018, p. 68) este sistema se fundamenta en los consecuentes criterios:

1) Dimensión del grano Grava: fragmento que rebasa la red de 75 mm y se sostiene en la malla N^o.10 (2mm) de E.U. También, la arena: fragmento que destila la red N^o. 10(2 mm) E U y es obstruida en la red N^o.200 (0.75mm) EU. Por último, el limo y arcilla: fragmentos que sobrepasa la red N^o.200.

2) Plasticidad: la terminación limosa es utilizada en el momento que los fragmentos finos del suelo tienen un indicativo de plasticidad de 10 o menos. De igual manera,

la terminación arenosa usado donde los fragmentos delgados comprenden un indicativo de plasticidad de 11 o mayor.

Las estructuras de distribución de suelos otorgan un idioma simple manifestado de manera precisa las cualidades principales de los terrenos, son demasiado diversas sin explicación minuciosa (p, 67).

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08mm							Suelos finos más de 35% pasa po el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Símbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Analisis granulométrico												
%% que pasa por el tamiz												
2 mm	máx.50											
0.5 mm	máx.30	máx.50	máx.50									
0.08 mm	máx.15	máx.25	máx.10	máx.35	máx.35	máx.35	máx.35	mín.35	mín.35	mín.35	mín.35	mín.35
Limites Atterberg				máx.40	mín.40	máx.40	mín.40	máx.40	máx.40	máx.40	mín.40	mín.40
Límite de liquidez índice de plasticidad	máx.6	máx.6		máx.10	máx.10	mín.10	mín.10	máx.10	máx.10	mín.10	mín.10	mín.10
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx.4	máx.4	máx.8	máx.12	máx.16	máx.20	máx.20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Tabla 1: Clasificación de suelos según el método AASHTO

Fuente: MTC

Clasificación de suelos por el sistema SUCS

Según Juárez (2005) refiere que es la carta de plasticidad, que se divide en granos finos y gruesos, las tierras de granos finos se agrupan en arcillas, limos y gredas orgánicas; por otro lado, la grava y arena se encuentra en el conjunto de granos gruesos. (Macías et al., 2018, p.69)

Esta técnica fue presentada por Arthur Casagrande en 1942, para aplicarse en la edificación de aeropuertos en el tiempo transcurrido de la segunda guerra mundial, y ordena los terrenos en dos grandes clases:

- 1) Superficies de grano grueso son del tipo cascajo arcilloso menores del 50% atraviesa la red N.º 200. Los representativos del conjunto inician con G o S.
- 2) Superficies de grano fino con 50% o más elevados, atraviesa la red N.º. 200. Los representativos del conjunto son M, C, O y Pt.

En la investigación de Arthur Casagrande se advirtió que se posicionan los suelos en un sistema sincronizado que tienen un final líquido en el eje de las abscisas y al índice plástico en el de las estructuradas, su conjunto no es en forma aleatoria, de manera en que la lista de la carta se encuentren suelos con diferentes distintivos (elasticidad, atributos mecánicos e hidráulicas) específicamente determinadas. (Del Castillo y Rico, 2006, pg. 95).

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	H
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	L

Tabla 2: Símbolos de grupo

Fuente: UEES, 2001.

Granulometría

Escobar y Gonzalo (2016, p.48) menciona que es conocido también como gradación del suelo, permite determinar las proporciones en la que participan los granos del suelo según el tamaño.

Se realiza la separación fraccionando el suelo, según el tamaño, esto es importante ya que se determina la competencia y eficiencia desde el enfoque geotécnico. Se realizan dos tipos de ensayo, por cerneado para partículas grueso- granulares (gravas y arenas) y el proceso de precipitación para partículas finas del suelo como limos y arcillas, estos no son diferenciados por el proceso de tamizado dado que tiene un comportamiento plástico.

Contenido de humedad en suelos

Según MTC (2013) La delimitación de humedad accederá a contrastar con el humedecimiento óptimo logrado en los pruebas de Proctor para adquirir el CBR del terreno, aunque la infiltración surge equivalente o menor, el experto manifiesta la condensación usual del terreno y la contribución de la suma provechosa de humedad. Si la saturación normal es mejor a la humedad ideal y conforme a la impregnación de la tierra, se planteará acrecentar la potencia de compactación, oxigenar la superficie o sustituir el componente repleto. (p 30).

Ensayos de compactación de suelos

Ensayo Proctor modificado

La compactación es uno de los principales factores para que un suelo obtenga la óptima resistencia, en los cuales también se tiene en cuenta la densidad y humedad. Además, el ensayo Proctor permite una mejor compactación a una energía dada.

Según Villarroel (2016, sp) La compactación es el proceso que se realiza utilizando medios mecánicos, donde las partículas del suelo son obligadas a mantenerse en unión por medio de la exclusión de oxígeno, cambiando el volumen de la masa del suelo, implicando una reducción rápida de los huecos. El cambio fundamental es el volumen del aire.

TIPO DE ENSAYO	PROCTOR ESTÁNDAR ASTM D698 - 91(98)			PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557 - 91(98)		
	A	B	C	A	B	C
METODO						
CONDICIONES PARA ELECCION DEL METODO	% RET. ACUM. N° 4 <= 20%	% RET. ACUM. N° 3/8 <= 20% % RET. ACUM. N° 4 > 20%	% RET. ACUM. N° 3/4 <= 30% % RET. ACUM. N° 3/8 > 20%	% RET. ACUM. N° 4 <= 20%	% RET. ACUM. N° 3/8 <= 20% % RET. ACUM. N° 4 > 20%	% RET. ACUM. N° 3/4 <= 30% % RET. ACUM. N° 3/8 > 20%
TIPO DE MATERIAL A UTILIZARCE	Tamiz por la malla N° 4	Tamiz por la malla N° 3/8	Tamiz por la malla N° 3/4	Tamiz por la malla N° 4	Tamiz por la malla N° 3/8	Tamiz por la malla N° 3/4
N° DE CAPAS (n)	3	3	3	5	5	5
N° DE GOLPES (N)	25	25	56	25	25	56
DIAMETRO DEL MOLDE (cm)	10.16 (+/-)0.04	10.16 (+/-)0.04	15.24 (+/-)0.07	10.16 (+/-)0.04	10.16 (+/-)0.04	15.24 (+/-)0.07
ALTURA DEL MOLDE (cm)	11.64(+/-)0.05	11.64(+/-)0.05	11.64(+/-)0.05	11.64(+/-)0.05	11.64(+/-)0.05	11.64(+/-)0.05
VOLUMEN DEL MOLDE (V) (cc)	944(+/-)14	944(+/-)14	2124(+/-)25	944(+/-)14	944(+/-)14	2124(+/-)25
PESO DEL MARTILLO (W) (kg)	2.5(+/-)0.01	2.5(+/-)0.01	2.5(+/-)0.01	4.54(+/-)0.01	4.54(+/-)0.01	4.54(+/-)0.01
ALTURA CAIDA DEL MARTILLO (h) (cm)	30.48(+/-)0.13	30.48(+/-)0.13	30.48(+/-)0.13	45.72(+/-)0.16	45.72(+/-)0.16	45.72(+/-)0.16
DIAMETRO DEL MARTILLO (cm)	5.080(+/-)0.025	5.080(+/-)0.025	5.080(+/-)0.025	5.080(+/-)0.025	5.080(+/-)0.025	5.080(+/-)0.025
ENERGIA ESPECIFICA DE COMPACTACION	6.054	6.054	6.054	6.027	27.485	27.485
OBSERVACIONES:	CORREGIR EL OPTIMO DE HUMEDAD Y LA MAXIMA DENSIDAD SECA OBTENIDA, UTILIZANDO EL METODO ASTM D4718					
NOTA:	CUANDO MAS DEL 5% DE LA MUESTRA TOTAL ES RETENIDO SOBRE LA MALLA N° 4, SE HARA LA CORRECCION POR ESTA NORMA					

Tabla 3: Resumen ensayo Proctor Estándar y Modificado
Fuente: ASTM D698 y ASTM D1557, 2018.

[...] Las pruebas Proctor Estándar y el P. Modificado están hechas para suelos diferentes. El límite de la curva de compactación Proctor estándar oscila entre el 85 y el 97% del máximo correspondiente a la prueba modificada; el factor suelo es el

principal para definir la relación entre ambas pruebas. Además, es notable el acercamiento que ocurre entre los resultados en las dos pruebas en materiales granulares. (Del Castillo, 2005, p.197).

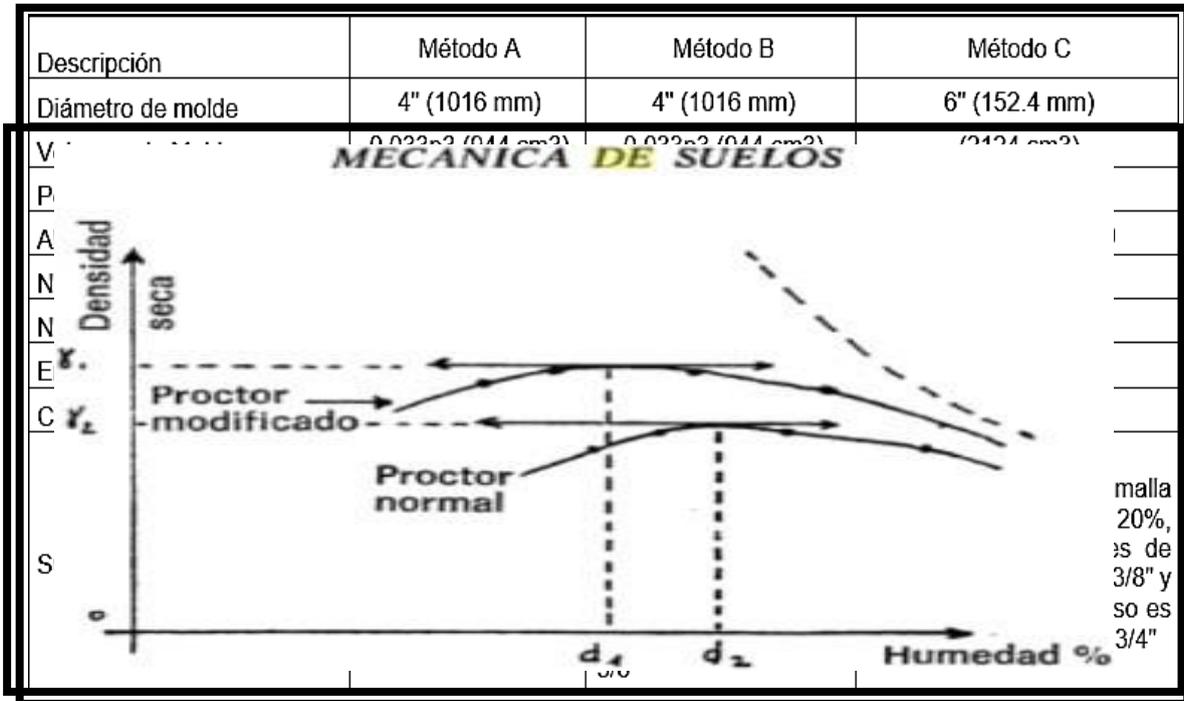


Tabla 4: Métodos de Proctor a utilizar

Fuente: ASTM D 1557.

Tabla 5: Resultados del Ensayo Proctor

Fuente: Mecánica de suelos, 1975.

Por su parte, Botía (2015) detalla que su objetivo es la obtención de datos, donde a partir de ellos se determina el templado de filtración del suelo, donde es comparado la carga unitaria, seco superior y el gráfico templado de filtración versus la carga unitaria (p.145)

Límites de consistencia:

Graux (1975) Los límites de ATTERBERG determinan el volumen de líquido peculiar para el cual una arcilla designada, molida, pueda lograr distintos estados de consistencia relativa. (p.18).

Según Ulloa (2011, p.40) menciona que el método más apto para medir los límites de humedad es el de Atterberg. Los límites de Atterberg se denominan a los diferentes cambios de un estado al otro, de acuerdo con las normas AASHTO.



Tabla 6: Límites de Atterberg.

Fuente: Trabajos de infraestructura forestales UF0700, p. 154.

a) Líquido (LL): Volumen de humedad inferior donde el terreno actúa como componente flexible, es decir limita el líquido sucede cuando la masa pasa de estado semilíquido al plástico.

b) Límite plástico (LP): El suelo es considerado como tangible no plástico puesto que la cabida de humedad que se encuentra por debajo del suelo se localiza en el momento que se enrolla a un diámetro de 3mm. (Bowles, 1978)

c) Índice plástico (II): Está pendiente de la porción de arcilla del terreno.

California Bearing Ratio (CBR)

Según Rojas (2011, p.3) Es un ensayo que caracteriza la disposición de sostener el suelo, mide su resistencia en este, y evalúan los potenciales esfuerzos a los que el suelo será expuesto, pero no se reflejan los efectos de la carga de tránsito. Presentan circunstancias e intervienen en la disposición de sostener los suelos como el soporte al esfuerzo tajante, que depende del espesor logrado y su humedad, los suelos impregnados tienen menor amplitud de soporte de sostén en contraste a superficies no abarrotados, exigiendo la correlación que a más humedad inferior sería la disposición de sostener el terreno.

Por ello, comprende la disposición de sostén precisa ejecutar pruebas, a vías logrando producir una prueba simple como el CBR, ya que esta prueba representa el aprovechamiento de cargamento y desproporciones dando una opinión utópica en tanto el terreno obtendría al ser usado para distintos propósitos edificantes. (Mamani y Yataco, 2017, p.47)

Este ejemplar de estudio es significativo en el diseño de pavimentos flexibles, según la norma ASTM D1883, está definido por la relación de la presión para penetrar 0.25 cm de la muestra y la presión necesaria para obtener dicha penetración en un material arbitrario. En la figura 1, se pueden observar algunas penetraciones y presiones utilizadas como patrones.

$$C.B.R. = 100 \times \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}}$$

Figura 3: Expresión detallada al método de CBR.

Fuente: ASTM D 1883

Penetración		Presión en el vástago	
cm	pulg	kg/cm ²	lb/pulg ²
0.25	0.1	70	1,000
0.50	0.2	105	1,500
0.75	0.3	133	1,900
1.00	0.4	161	2,300
1.25	0.5	182	2,600

Figura 4: Medidas de penetración y presión en el vástago en el suelo.

Fuente: ASTMD 1883

Según Bowles (1980, p.16) menciona que el CBR es utilizado para crear una relación entre el comportamiento del suelo, principalmente para la utilización en la base y subrasante en asfaltos de vías vehiculares y pista aéreas.

CBR	Calificación	Uso	SUCS	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	CH, MH	A5,A6,A7
3-7	Pobre - Regular	Subrasante	CH, MH	A4,A5,A6,A7
7-20	Regular	Subrasante	CL, ML,SC, SM, SP	A2,A4,A6,A7
20-50	Bueno	Base-Subbase	GM, GC, SW,SM, SP, GP	A1b, A2-5,A3,A2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Tabla 7: Clasificación del suelo en función de la subrasante.

Fuente: Manual de laboratorio de suelos para ingeniería civil. Bowles J. (1980).

De la misma forma el MTC (2013), clasifica a los suelos según los diferentes tipos de condición de la subrasante. (p.29).

Categorías de Subrasante	CBR (%)
S₀: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S₁: Subrasante Pobre	3% ≤ CBR < 6%
S₂: Subrasante Regular	6% ≤ CBR < 10%
S₃: Subrasante Buena	10% ≤ CBR < 20%
S₄: Subrasante Muy Buena	20% ≤ CBR < 30%
S₅: Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Tabla 8: Clasificación de subrasante.

Fuente: MTC, 2013.

Se imaginara capacitados terrenos que tengan un CBR elevado o semejante a 6%. En caso contrario, se desechara dicho material y a su sustituto, o a su estabilización. (Ravines Merino, 2010).

Tipos de estabilización del suelo

Según Valle (2010, p.6) la estabilización del piso es un desarrollo el cual las superficies nativas son sometidos, de tal forma se puedan aprovechar sus cualidades, pues, al estabilizar obtenemos una cobertura de suelo fijo, firme y duradero, por lo que es idóneo de aguantar los efectos de la circulación y circunstancias climáticas riguroso. La estabilización del terreno asimismo es la modificación de una carencia que logra proporcionar más firmeza al terrenal; los tipos de formas para conseguir son: Estabilización física, sintética y mecánica.

Estabilización física

Este procedimiento se manipula para optimizar la superficie provocando variación física en el propio, sin generar alguna reacción química de gran estimación. Existen diversas metodologías como: estabilización por concentración y estabilización aplicando la mixtura de superficies. (Valdez, 2018, pág., 23)

Estabilización mecánica

Esta estabilización consta en la adulteración de las características de la superficie mediante la combinación de 2 o más componentes y su siguiente compactación, con la intención de adquirir un distinto componente de mayor disposición y que ejecute con todos los requerimientos.

Las cualidades de frecuentemente se prefieren renovar son la flexibilidad y/o la granulometría, las cuales influyen a la suscipacia del basto al agua, su contenido drenante, firmeza, empleabilidad y macicez (Bañon et al., 2000).

Estabilización química

Se realiza mezclando conglomerantes hidráulicos, cal o cemento, y agregando a la mezcla a los terrenos o materiales a arraigar. Por otra parte, esta mixtura se emplea esencialmente en suelos pedregosos o de arena bruta de 0-2 mm, y se logra distinguir en los siguientes tipos fundamentales: Estabilización con cal y cenizas volantes (con áridos y cemento). (Ingeniería Geo ambiental, 1995, pag.287)

La estabilización de Suelos con el paso del tiempo, los estabilizadores tradicionales como la cal y el cemento han sido frecuentemente estudiados y experimentados su efectividad fue comprobada, sin embargo, la innovación es algo que se debe dar en el campo de la ingeniería, es por ello, que se debe experimentar con materiales no convencionales para la aportación. (Torrente,2015, p.43)

Con respecto a lo anterior, son numerosos los procedimientos que alcanzan seguirse para conseguir ese restablecimiento de las propiedades de los suelos, con panorama a hacerlos adecuados para algún uso determinado, lo que compone la estabilización. (Rodríguez & Del Castillo, 2014, p.69).

Una superficie firme es aquella que muestra la resistencia adecuada contiene no lograr imperfecciones ni deterioros por la aplicación de carga o el uso de los dependientes atmosféricos y del clima, cuando un terreno fundación muestra estas tipologías es recomendable considerar ser utilizada para el pavimento de un camino, sin embargo, en ciertas ocasiones del transcurso constructivo el terreno fundación no llega a cumplir con las particularidades emplazadas para que logre una capacidad de carga admisible, es por ello que las características de estabilidad volumétrica dependen directamente de sus propiedades mecánicas como son: firmeza, filtración, compresibilidad y estabilidad. Para esos argumentos el ingeniero residente o el comprometido va a tener la carestía de decidir entre: admitir el suelo tal y como es sin modificarlo basándose en su mala calidad y soporte; o excluir el suelo y sustituir, Por último, se puede mezclar con material de cantera, para así modificar sus propiedades mecánicas y sea un suelo estabilizado y viable para su construcción. (Mateo de vicente, 2015, p.133).

La estabilización de suelos es la aplicación de métodos, mecánicos como la compactación o químicos mediante el uso de aditivos para el mejoramiento del terreno natural y su desempeño en base la necesidad del momento. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p.39)

La estabilización del suelo implica usar algún material como agente para la mejora en suelos débiles para mejorar sus propiedades Mecánicas geotécnicas por

ejemplo la compresibilidad, la resistencia, la permeabilidad y la durabilidad. Los componentes de la tecnología para estabilización influyen directamente a los suelos y / o minerales del suelo y agentes estabilizantes o aglutinantes (materiales de cemento. (Montejo, 2014, p.26)

En la actualidad existen innumerables métodos de estabilización, como son Estabilización mecánica, química, por compactación y etc., sin embargo, no es mucha la presencia de investigaciones que tomen materiales orgánicos o reciclables para la aplicación en pavimentación y menos en resistencia del suelo. (Torrente, 2015, p.78)

Ante las múltiples maneras de estabilizar un suelo, se tiene la problemática de la falta de experimentación con materiales no comunes, experimentar ya sea si se obtiene un resultado positivo o negativo.

La estabilización mecánica por los cambios morfológicos del suelo es vista en la granulometría que es un proceso en el cual se puede conocer los estándares de dureza, finura, y etc. Esta estabilización consiste en mejorar el suelo sobre el que se va a construir mezclándolo con otro material que puede ser de cantera, para así lograr mezclar las partículas y realizar el tamizado, pudiendo obtener una nueva clasificación de suelo, con mayor resistencia. (Quezada, 2017, p.13)

The mechanical stabilization by compaction aims, together the particles to achieve a layer of hardness, since these are intertwined and form a mesh, is one of the best-known ways to stabilize a floor, without changing its structure, in some cases it is mixed with quarry material and compacted. Being more specific this technique is based on the reduction of volume of the voids in the soil, thus achieving a higher density and a better distribution of the 12 forces that act on the ground in order to have the desired improvement, avoiding possible settlements. (Nardi, 1975, p.15).

La Compactación tiene la finalidad de concentrar las moléculas del suelo, creando una corteza de dureza, la cual dará mayor resistencia al suelo, en algunos casos tan

bien puede mezclarse con un material de cantera y junto al terreno natural ser compactado.

Según el Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos (2014), estos son los criterios básicos para poder estabilizar un suelo:

Criterios para estabilizar un suelo
Suelos con CBR < 6% que va a ser usado para capas de la sub rasante.
Sub rasantes arcillosas o limosas, que al contacto con el agua contaminen el pavimento
Sub rasantes debe quedén por debajo del nivel de napa freática.
En zonas que se encuentren sobre los 4000 msnm, donde el congelamiento influye según la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento
Determinar el tipo de suelo existente: limos, arcillas, arenas limosas o arcillosas.

Tabla 9: Criterios para estabilizar un suelo

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos

Por ultimo, Según Craig:

In the practice of geotechnical engineering, soils at a given site are often not ideal for the intended purpose. It would seem reasonable in such cases to simply relocate the structure or installation. However, other non-geotechnical considerations often govern the location of a structure, and the engineer is forced to design for the site in question. One possibility is to adapt the base to the geotechnical conditions on the site. Another possibility is to try to stabilize or improve the engineering properties of the soil at the site. Depending on the circumstances, this second approach may be the most economical solution to the problem. Stabilization is usually mechanical or chemical, but even thermal and electrical stabilization has been used or considered occasionally. (2014. p.23).

La ingeniería geotécnica es la ciencia que estudia las morfologías, capacidad, resistencia, comprensión, densidad y etc. del suelo, es por ello, que a menudo ante la construcción de edificaciones en terrenos que se estiman de baja calidad, se requiere la ayuda de un ing. Geotécnica que precisa las cualidades numéricas y mecánicas del suelo, para definir mejor el Suelo o Terreno de Fundación según Terzagui:

"The foundation layer is the soil layer under the pavement structure, prepared and compacted as a foundation for the construction of road infrastructure or foundations. It's about the natural terrain or the last layer of the padding on the platform on which the structure sits. " (1943, p.59).

En terreno fundación es la base que soporta el peso de la estructura que se quiera construir, es llamado también terreno natural y puede ser suelo fundación compactado o sin compactar.

Granulometría es la ciencia de las propiedades físicas de conjuntos o sistemas compuestos de partículas similares a granos, como arena, grava, roca triturada, tiro de aves, semillas y otros. Abarca el estudio y la medición del tamaño, la forma y las características de la superficie de las partículas individuales, así como la influencia de estas propiedades y la gradación de las partículas en las características de empaquetamiento, las propiedades de resistencia mecánica y la permeabilidad de los sistemas de múltiples partículas. Mientras que la granulometría se ocupa principalmente de estos materiales, muchas de sus leyes son de naturaleza geométrica y son igualmente verdaderas para partículas de tamaño atómico y de grandes rocas. Esto permite la utilización, para sistemas de arena y grava, del conocimiento que se obtuvo originalmente en conjuntos de átomos o moléculas y viceversa.

Según Goded se define Como: "The process to determine the proportion in which the grains of the soil participate, according to their sizes. That proportion is called soil gradation "(2014, p.19). It also tells us that "The gradation by size is different from the geological term in which it refers to the processes of construction and the

destruction of the relief, by forces and processes such as tectonism, volcanism, erosion, sedimentation, etc." (2015, p.27).

En la granulometría también es necesario determinar el porcentaje o cantidad de los minerales acompañantes del suelo, de esta manera se puede separar el grava, arena y minerales o polvo mineral y se puede clasificar de manera específica para determinar la funcionabilidad del suelo. (Caña, 2015, p.41).

La granulometría permite clasificar los diferentes tipos de partículas por tamaño, de esta manera, se puede observar las características de del mineral/suelo clasificado y sus demás componentes, es la base mecánica para mejorar un tipo de suelo, ya que la mezcla del suelo natural con otro producto dependiendo sus propiedades, pueden lograr un nivel de calidad óptimo para su uso.

Para Gadea:

Desde el punto de vista tecnológico es importante por los procesos de mezcla de sólidos, donde se puede producir una segregación debido a juntar sólidos con distinto tamaño de partícula. También se modifican las propiedades geológicas de los sólidos pulverulentos por el tamaño de partícula. Es importante también por el empaquetamiento y la densidad aparente, porque condiciona la función de ciertos excipientes. Por último, es importante por la estabilidad física de las suspensiones. (2015, p.85).

Para los cuidados ante la extracción del material de un suelo, se debe tener en cuenta los factores que pueden afectar la muestra, como sería accidentalmente mezclarlo con otro material que altere su granulometría o también exponerse a que el material se seque y su densidad varié.

Por otro lado, Pastor y etc. "Nos dice que hay diferentes maneras de hacer un análisis granulométrico: Método del tamizado, Método del hidrómetro y Método de la pipeta". (2014, p.58)

Además, con los datos del análisis granulométrico por tamizado Sánchez nos dice que: La curva granulométrica se dibuja en escala semilogarítmica, en el cual se tienen trazado los estándares de un buen tipo de suelo y un mal tipo de suelo para ello se debe pasar la muestra del suelo por los tamices que según su tamaño y clasificación entran en diferentes normas como son las siguientes: (Sánchez, 2014, p.58

	BRITÁNICO ₁	AASHTO ₂	ASTM ₃	SUCS ₄
	ϕ (mm)	ϕ (mm)	ϕ (mm)	ϕ (mm)
Grava	60-2	75-2	> 2	75-4,75
Arena	2-0,06	2-0,05	2-0,075	4,75-0,075
Limo	0,06-0,002	0,05-0,002	0,075-0,005	< 0,075 FINOS
Arcilla	< 0,002	< 0,002	< 0,005	

}

4: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

3: American Society for Testing and Materials

2: American Association of State Highway and Transportatio Official

1: B S - 5930: 1981

Figura 5: Diámetro del suelo (tamizado)
Fuente: propia

En la figura 8 se muestra las clasificaciones para diferentes materiales según el diámetro por las Normas dadas, de esta manera se puede calificar el suelo luego de haber realizado la Granulometría y la curva granulométrica.

La Norma ASTM y Guía de Laboratorio Construcción dice que: “la granulométrica es el ensayo por el cual se puede separar las partículas según su tamaño, y dependiendo los porcentajes retenidos en cada malla se puede clasificar el tipo de suelo” (1996, p.23).

Además, agregan que:

Los pesos retenidos en cada malla son equivalentes a cada punto en la curva granulométrica, es por eso que hace este ensayo para clasificar su tipo de suelo, su morfología y sus contenidos de gravas, arenas, limos, y polvo. (Reimbert y hermana, 2015, p.25).

Las mallas o tamices tienen diferentes tamaños de orificios, cada número de malla retiene un porcentaje, el cual se halla pensando el material retenido en cada una de ellas.



Figura 6: Tamices (Mallas para tamizado)
Fuente: propia

De esta manera concluye que: “Estos porcentajes retenidos se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores de material (granulometría)”. (López, 2014, p.26).

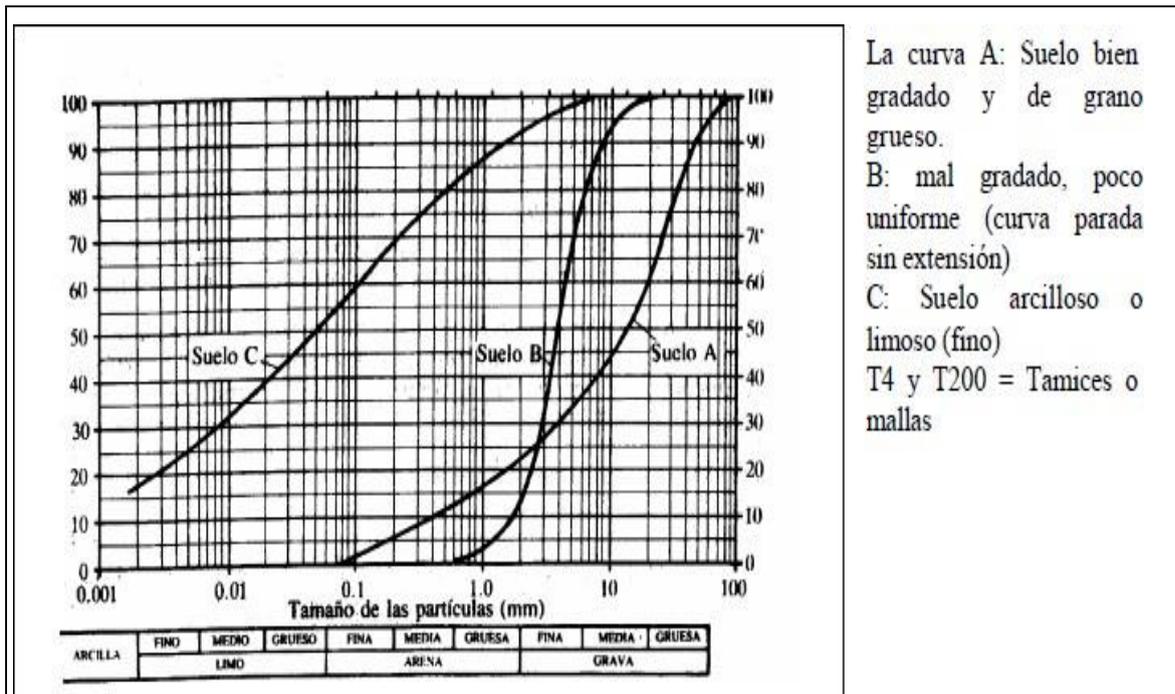


Figura 7: Curva granulométrica
 Fuente: Manual suelos y pavimentos

To achieve the past of the meshes effectively, some laboratories choose to pass the meshes halfway through, this is because it is difficult to shake the material and to fall completely, however, this procedure is incorrect because by some factor it can be altered the percentages and sometimes a minimum is what makes the difference in soil classification. (Terzaghi, 1948, p.17): Como se mostró en la figura 7.

Contenido de Humedad

Según Terzaghi

"The moisture content is the amount of water contained in a material such as soil, rocks, ceramics or wood measured on the basis of volumetric or gravimetric analysis; where is the mass of water and the mass of raw material. (1943, p.21).

Asimismo, Das dice que:

The soils have quantity of water stored in their particles, however in different classifications there are those that have more or less content, for example an organic soil has a high moisture content, but these percentages can now be determined by a laboratory, obtaining a sample of natural soil, however, if the material comes from a distant place until a laboratory, preventive measures must be taken so that it does not affect its moisture content. (2016, p.29).

La suma de agua en el suelo es un componente determinante para conocer su clasificación, ya que esto va relacionando con el peso del material, el material se pone al horno para su secado y anteriormente es pesado para conseguir la variación de antes y después y expresarlo en porcentajes.

El contenido de humedad de las arenas saturadas varía del 12 al 36 por ciento, esto es solo un ejemplo, porque el contenido de agua en un suelo es importante, esto se debe a la plasticidad que este suelo debe tener, lo cual podemos apreciar en los llamados límites de consistencia. (Crespo, 2014, p.71)

Existen diferentes porcentajes de contenido de humedad, con los cuales se puede clasificar los suelos (arenosas, Arcillosas, etc.), esto se reitera se obtiene con relación al peso húmedo (natural) y el peso seco (Horno).

Según Iglesias “El contenido de humedad es una analogía entre el peso del suelo y el contenido del agua y se expresa en porcentajes, pero como obtenemos esos datos, pues con lo mencionado anteriormente con el horno”. (2016, p.36)

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla Estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm o menos	2.00 mm (N° 10)	20 g	20 g*
4.75 mm	4.760 mm (N° 4)	100 g	20 g*
9.5 mm	9.525 mm (3/8")	500 g	50 g
19.0 mm	19.050 mm (3/4")	2.5 kg	250 g
37.5 mm	38.1 mm (1½")	10 kg	1 kg
75.0 mm	76.200 mm (3")	50 kg	5 kg

Tabla 10: Masa mínima recomendada

Fuente: (Iglesias. Mecánica de Suelos.2014. p.71)

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

W = es el contenido de humedad, (%)

W_w = Peso del agua

W_s = Peso seco del material

W_1 = es el peso de tara más el suelo húmedo, en gramos

W_2 = es el peso de tara más el suelo secado en horno, en gramos:

W_t = es el peso de tara, en gramos

Figura 8: Formula Contenido de humedad

Fuente: propia

Según, ASTM, “Esta norma también nos da un cuadro general de relación entre el tamaño de partícula que pasa 100 % la malla, el min recomendable húmedo de muestra para el 0.1% y el 1 %”. (p.52) Además nos dice que “Existen datos estandarizados para la muestra del contenido de humedad en caso, no se puede llevar todo el material, el cual depende de la siguiente figura.” (p.52)

Límites de Atterberg El procedimiento para el límite líquido es mezclar los gramos de la mezcla con un porcentaje de agua requerido, el cual se verterá en el aparato casa grande y será medido a través de golpes hasta que la brecha en el medio de junte. (Reimbert y Hermana. 2015, p.39).

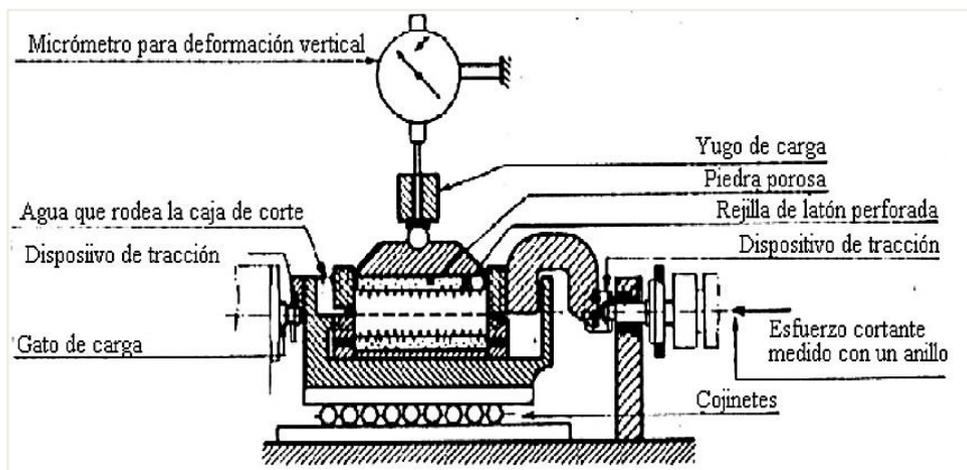


Figura 9: Casa grande

Fuente: Manual de ensayos

“La consistencia de los suelos quiere decir que es su tendencia a ser deformado con facilidad o no, es por ello que se hacen esos ensayos para determinar sus límites”. (López, 2014, p.37).

The routine procedure is to perform three times the same procedure, then noting the number of strokes necessary for the gap to come together, we plot the points and we scale in the number of hits 25 and cut; this is where the result of the Liquid Limit comes out. (Kovacs ,2016 ,p. 28).

El límite líquido tiene un procedimiento minucioso de control para lograr el número de golpes, así mismo de precisión para la cantidad de agua que se debe colocar a la muestra, luego usualmente puede realizar el ensayo de límite pastico.



Figura 10: Limite Liquido

Fuente: propia

El límite plástico nos sirve para conocer el nivel de resistencia q tiene el suelo antes del corte, es por ello que este procedimiento se da a través de rollitos de cierto tamaño de pulgadas o centímetros especificados en la ASTM, en la cual se mide su diámetro y en cuarto se rompe para ver su resistencia al corte. (Iglesias, 2016, p. 41)



Figura 11: Rollitos Límite Plástico
Fuente: propia

:

Como **variable independiente** tenemos las llantas es el cuerpo sólido que tiene el mayor factor de extensión conciso y que agranda considerablemente con la vulcanización. Una cisura reciente de caucho duro, o sea sin vulcanizar, se consigue volver a unir soldándose entre sí con solo apretar uno contra otro. Una vez vulcanizado inutiliza esta propiedad, pero obtiene una mayor flexibilidad, logrando alargarse hasta siete veces su longitud antigua (Castro 2008, p.19).

Composición

Según (Castro 2008) Materiales directos y compuestos para la producción del neumático señala que el mezclado de caucho más estricto es el isopreno o 2-metilbutadieno, cuyo método químico es C_5H_8 . A la calentura del aire líquido, aproximadamente de $-195\text{ }^\circ\text{C}$, el polímero puro es un sólido duro y transparente. De 0 a $10\text{ }^\circ\text{C}$ es quebrantable y opaco, y por encima de $20\text{ }^\circ\text{C}$ se vuelve flácido, flexible y translúcido. Al manosear mecánicamente, o al calentarlo por encima de $50\text{ }^\circ\text{C}$, el caucho logra una textura de plástico pegajoso. A temperaturas de $200\text{ }^\circ\text{C}$ o superiores se aturde.

Clasificación de caucho

Caucho Natural. Es un producto derivado de una sustancia lechosa llamada látex, el cuál es el principal componente de los neumáticos y otros productos industrializados, esta sustancia se extrae de las plantas conocidas como heveas

brasilienses, originaria del Amazonas. “Los cauchos son conocidos como elastómeros que poseen propiedades particulares como la elasticidad los cuales debido a sus excelentes propiedades son empleados para neumáticos, resortes, productos industriales aeronáuticos y navales” (Urrego, 2017, p. 17).

Las pertenencias físicas del caucho renuevan con la temperatura, a bajas temperaturas se regresa rígido y cuando se solidifica en estado de extensión adquiere estructura fibrosa, calentando a más de 100°C se ablanda y sufre variaciones permanentes y además obtiene una gran deformación superviviente debido a su naturaleza plástica. (Castro 2008).

Respecto a la producción del caucho natural Castro (2008) nos menciona que la calidad política y económica de las llantas naturales se puso en certeza durante la II Guerra Mundial cuando se acabó el suministro. Este deforme aceleró el desarrollo del caucho sintético en unos países. En 1990, la fabricación mundial de caucho superó los 15 millones de toneladas métricas, de las cuales 10 millones hubieron de caucho sintético (p.21).



Figura 12: Caucho en el mundo.

Fuente: Castro 2008.

Fabricación mundial de llanta natural desde el año 2000 hasta el 2018 en millares de toneladas métricas.

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CAUCHO NATURAL	
AÑO	MILES DE TONELADAS MÉTRICAS
2000	6.811
2001	6.913
2002	7.317
2003	7.986
2004	8.726
2005	8.921
2006	9.850
2007	10.057
2008	10.098
2009	9.723
2010	10.403
2011	11.239
2012	11.658
2013	12.282
2014	12.142
2015	12.264
2016	12.604
2017	13.551
2018	13.869

Tabla 11: Producción mundial del caucho natural

Fuente: Statista (Portal de estadísticas en línea alemán)

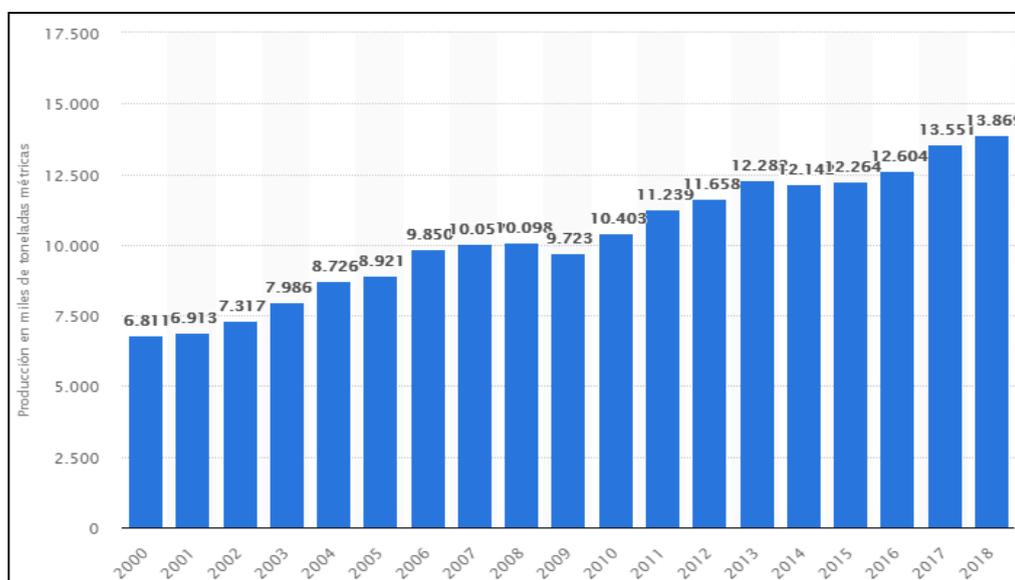


Figura 13: Descripción gráfica de la producción mundial de caucho natural.

Fuente: Statista (Portal de estadísticas en línea alemán).

Caucho sintético

Se denomina caucho sintético al material elaborado mediante procesos artificiales logrando un parecido a las llantas naturales. Se consigue por fuerzas químicas, acreditadas como aglomeración o polimerización, a partir de definitivos hidrocarburos insaturados. Los elementos básicos del caucho sintético son nombrados monómeros que posee una masa molecular respectivamente baja y forman moléculas llamadas polímeros. Posteriormente de su fabricación el caucho sintético se vulcaniza (Castro 2008).

Tipos de caucho sintético

Neopreno. Es uno de los principales cauchos sintéticos conseguidos gracias a la investigación de Carothers. El neopreno fue perfeccionado en 1931 y presenta una gran firmeza al calor y a productos químicos como aceites y petróleo. Se utiliza en conducciones de conducción de petróleo y como aislador para cables y maquinaria (Castro 2008).

Buna o caucho artificial. Químicos germanos esquematizaron en 1935 el primero de una serie de cauchos sintéticos llamados Buna, conseguidos por copolimerización. Se origina a partir del ácido cianhídrico. Es muy útil en aquellos temas que se necesite una firmeza a la acción de aceites y a la abrasión (Castro 2008).

Caucho de Butilo

Fue procedente por primera vez en 1949 y es conseguido por la copolimerización del isobutileno con butadieno o isopreno. Es un elástico y puede trabajarse como el caucho natural, pero es dificultoso de vulcanizar. Sin embargo no es tan flexible como el caucho natural y otros sintéticos, es muy duro a la oxidación y a la acción de productos corrosivos (Castro 2008).

Caucho Nitrilo NBR

El caucho de nitrilo se sintetiza mediante la copolimerización de acrilonitrilo y butadieno. El contenido de acrilonitrilo modifica del 18% al 50%. Cuanto más maduro sea el contenido de acrilonitrilo, mejor será la resistencia al aceite

combustible de hidrocarburos petroquímicos, pero menor será el rendimiento a baja temperatura. (BRP-Bombardier Recreational Products 2019).

Caucho SBR

El copolímero de estireno butadieno es individuo copolímero de butadieno y estireno. En comparación con el caucho natural, el copolímero tiene una calidad uniforme, menos cuerpos extraños, mejor resistencia al desgaste y resistencia al envejecimiento, pero su resistencia mecánica es débil y se puede mezclar con caucho natural (Castro 2008).

A continuación, se muestra un cuadro comparativo de los patrimonios del caucho natural y el caucho SBR:

Propiedades	Caucho Natural	SBR
Rango de dureza	20-90	40-90
Resistencia a la rotura	Buena	Regular
Resistencia abrasiva	Excelente	Buena
Resistencia a la compresión	Buena	Excelente
Permeabilidad a los gases	Regular	Regular

Tabla 12: Comparación de propiedades del caucho natural y caucho SBR

Fuente: Castro 2008.

A disposición que el mundo se va desplegando, el caucho se comienza elaborando en diferentes presentaciones como el caucho sintético a través de procedimientos industriales empleadas por las empresas dedicadas a este rubro.

De acuerdo al blog (Química y algo más 2014) indican que el caucho natural tiene patrimonios interesantes como elasticidad, además es blando y adhesivo y a través de un procedimiento llamado vulcanización permite mejorar estas propiedades del caucho natural, generando así un material denominado caucho sintético y a continuación se ejecutó un cuadro comparativo de las patrimonios de ambos productos.

CAUCHO NATURAL	CAUCHO SINTÉTICO
-----------------------	-------------------------

Es elástico	Es elástico
No vuelve fácilmente a su longitud primitiva	Se retrae rápidamente
Se ablanda fácilmente por el calor	No se ablanda por el calor
Es adhesivo	No es adhesivo
Poca resistencia a la abrasión	Mucha resistencia a la abrasión
Soluble en solventes orgánicos	Insoluble en solventes orgánicos

Tabla 13: *Comparación de propiedades del caucho natural y caucho sintético.*

Fuente: Química y algo más 2014 - Propiedades del caucho.

De acuerdo al reportaje de la (Revista Autobild.es 2010) señalan que la primordial diferencia que concurre entre el caucho natural y el sintético es histéresis (que es la propensión que tiene un material de almacenar una de sus posesiones, en alejamiento del estímulo que ha generado; así una bola de goma bota más si su histéresis es baja y viceversa). En el caso del caucho sintético la histéresis es alta y por lo tanto es ideal para un neumático adherente. Es por ello que en las industrias automovilísticas utilizan en un 60% el caucho sintético y solo un 40% el caucho natural. Sin retención, en los neumáticos de los camiones y vehículos de obras civil, se manipula más el caucho natural por ser un material más resistente para estos trabajos.

Ventajas y desventajas

A continuación, se presentarán las ventajas y desventajas del caucho natural y sintético.

TIPO DE CAUCHO		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Caucho Natural		<ul style="list-style-type: none"> -Buena elasticidad. -Viscoso en calor. -Facilidad al expandirse. -Se disuelve fácilmente en aceite mineral o gasolina. 	Resistente a la intemperie, al aceite (aceite vegetal) es la materia prima para hacer cinta de goma, manguera, zapatos de goma.
Caucho sintético	Caucho SBR	<p>Materiales no resistentes al aceite de bajo costo.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Buena resistencia al agua -Baja compresibilidad a alta dureza. 	No se recomiendan ácidos fuertes, ozono, aceites, ésteres, grasas y la mayoría de los hidrocarburos.
	Caucho de Butilo	<ul style="list-style-type: none"> -Es impermeable a la mayoría de los gases generales. -Tiene buena resistencia a la luz solar y al olor. 	No se recomienda usar en tubo interior, bolsa de cuero, manguera de vapor, cinta transportadora resistente al calor con disolvente de petróleo, queroseno e hidrógeno aromático
	Caucho Nitrilo NBR	<ul style="list-style-type: none"> -Mejor resistencia a la abrasión. -Excelente resistencia a la corrosión. -Resistencia a la tensión -Resistencia al desgarro y propiedades de compresión. 	No es recomendable su uso en la industria de aire acondicionado y refrigeración en alcoholes, ésteres o soluciones aromáticas.

Tabla 14: *Ventajas y desventajas del caucho natural y caucho sintético.*

Fuente: BRP-Bombardier Recreational Products 2019.

En el actual trabajo de investigación se utilizará la presentación del **caucho en polvo**. Al respecto Álvarez y Gutiérrez (2019) indican que existen diversas investigaciones sobre el mejoramiento de estos parámetros haciendo uso partículas de llantas recicladas proveniente de las ruedas en desuso, con el objetivo de tener un suelo apto para construir terraplenes, carreteras, etc. (p. 9). Por otro lado, Geneu (Gestión de neumáticos usados) 2019 señalan que el caucho en polvo proviene de la trituración de los NCFU (Llantas y Cámaras Fuera de Uso) donde son arrastrados de forma industrial y se causa el mencionado “Polvo de caucho” que se caracteriza por presentar medidas aproximadas de 4mm o polvo (partículas más pequeñas). Así mismo este material presenta un 99% libre de impurezas como las fibras de acero del cual está compuesto el neumático. Se suelen aplicar para diferentes proyectos como, por ejemplo:

Muros antiexplosivos, que fue desarrollado por el Jurisdicción de Ingeniería Mecánica y Materiales directos de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia, que estuvo en la fabricación de servicios duros contra golpes de proyectil a partir de GTR (Ground Tire Rubber), CTR (Crumb Tire Rubber) natural del fraccionado de neumáticos fuera de uso y hormigón armado mediante sinterizado, con diferente granulometría, que disminuyen el espesor y peso tradicional de los muros; y funcionan como absorbente de explosiones y ondas expansivas [Geneu (como se citó en *F. José López, S. Espinosa, A.V. Nadal, J. E. Crespo*)]

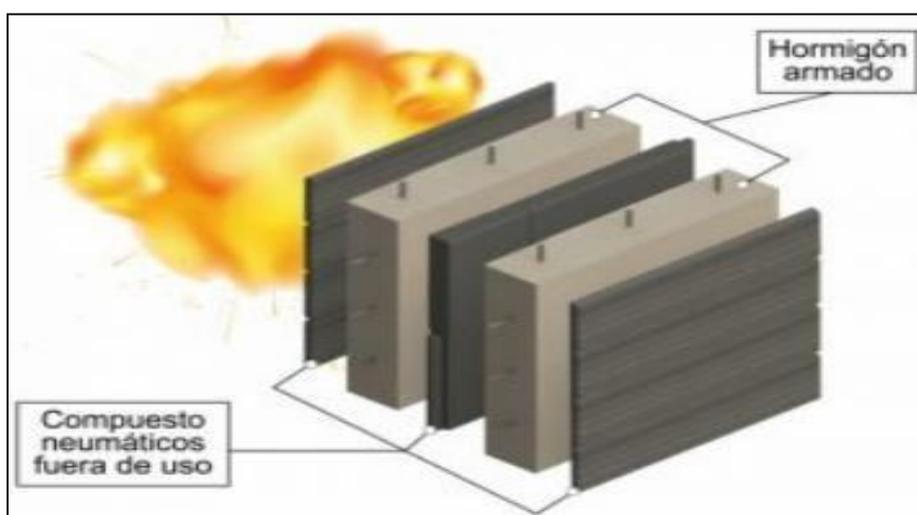


Figura 14: Muros antiexplosivos.

Fuente: Gestión de neumáticos usados 2019.

Tejas, es un tipo de cerámica que está elaborado a partir del caucho reciclado el cual aporta a la edificación un dispositivo versátil de propiedades muy encantadoras a bajo precio y tiene un golpe positivo en el medio ambiente al ser un material reciclable [Geneu (como se citó en González Álvar).



Figura 15: Tejas.

Fuente: Gestión de neumáticos usados 2019.

Aditivo, el caucho en polvo o granulado sirve como aditivo para diferentes materiales por ejemplo se suele incorporar el polvo en emulsiones asfálticas ya que brinda propiedades de flexibilidad y durabilidad con la finalidad de perfeccionar el comportamiento de la composición asfáltica que se utilizará en obras de infraestructura vial. También se adopta con propileno y polietileno que son empleados para tubos y componentes de automóviles. Finalmente se resalta que el material genera un golpe positivo en el medio ambiente y reduce considerablemente los precios de las obras de construcción vial (Gestión de neumáticos usados, 2019).



Figura 16: Aditivo.

Fuente: Gestión de neumáticos usados 2019.

Según Euro Taller (2013) menciona que las principales ventajas de emplear polvo proveniente del reciclado de neumáticos son la durabilidad de las carreteras y ahorro de recursos. Además Euro Taller (como se citó en Método Integrado de Trabajo de Neumáticos Fuera de Uso-Signus) señala que la utilización del polvo proveniente del neumático en la construcción de carreteras será aplicado con mayor frecuencia en los próximos años debido a que tienen un golpe positivo en el moderado ambiente y en el aspecto económico, así mismo la aplicación del caucho en polvo, debido al alto contenido de carbono negro, incorporado en las mezclas bituminosas traerá ventajas como reducir la oxidación y el envejecimientos de las mezclas y con ello se mantendrá con más tiempo las características de la mezcla original.

Además el reciclado de este residuo proviene la propagación de enfermedades, Según Ecogreen señala que los neumáticos viejos desechados sirven como hogares de roedores portadores de enfermedades y actúan como recolectores de agua estancada que atraen mosquitos que también transmiten enfermedades mortales, es por ello que es preferible reutilizar estos residuos o donarlos a las reencauchadoras para que lo procesen y lo conviertan en un material reutilizable con multipropósitos y así evitar la propagación de enfermedades y contaminación al medio ambiente.

Cal

El óxido de calcio o la cal se obtienen mediante la descomposición por fuego, el carbonato de calcio en los laboratorios se calcina con este objeto de carbonato puro, que se presenta en cristales blancos o mármol estatuario (Casares, 1857, p.259).

A la hora de hablar de estabilización, hablamos de brindar resistencia a los suelos que poseen de poca resistencia. Se tiene dos tipos de estabilización una que es mecánica y la otra es química. En este momento hablaremos de la estabilización química, esta consiste en el incremento de conglomerantes hidráulicos, cal o cemento al suelo que se desea estabilizar (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1995, p. 287).

Características y propiedades químicas de la cal

El óxido de calcio es sólido, blanco, con un sabor alcalino fuerte, no se derrite debido a la acción del calor. Expuestos al aire, los fragmentos de cal utilizan la humedad atmosférica, aumentan de volumen y se pulverizan, en este caso se forma un hidrato y se dice que la cal ha expirado. Si el hidrato continúa expuesto al aire, absorbe ácido carbónico y parte de él se convierte en carbonato, que se une al óxido no carbonatado (Casares, 1857, p. 260).

La composición requerida para la estabilidad de suelos con cal es que presente el 75 % mayor en peso de óxido cálcico y magnésico. La cal viva es la más eficiente a la hora de estabilizar suelos, pero también es peligrosa debido a que provoca ciertas alteraciones en la piel húmeda. Este tipo de cal se obtiene al calentar el carbonato cálcico a unos 980°C (Arredondo, Giménez, Jimenez, Llamazares, De Navacerrada Y Sedin, 1977, p. 251).

Ventajas y desventajas de la cal

La primera ventaja es que ya existen antecedentes con respecto a la estabilización con cal y con experimentos tanto en laboratorios como en campo ha resultado efectivo.

La segunda ventaja es la gran cantidad de caliza que presenta el Perú, ya que ello facilita la obtención de la cal.

La primera desventaja es que ante el contacto de la cal con los ojos provocan ulceración, es decir que a la hora de maniobrar la cal cabe la posibilidad de que se presenten accidentes.

ÁREA	CLASE DE SUELO	TIPO DE ESTABILIZADOR RECOMENDADO	RESTRICCIÓN EN LL Y IP DEL SUELO	RESTRICCIÓN EN EL PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA 200	OBSERVACIONES
1 A	SW ó SP	(1) Asfalto			
		(2) Cemento Pórtland			
		(3) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 B	SW - SM ó SP - SM ó SW - SC ó SP - PC	(1) Asfalto	IP no excede de 10		
		(2) Cemento Pórtland	IP no excede de 30		
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 C	SM ó SC ó SM-SC	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2) Cemento Pórtland	(b)		
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 A	GW ó GP	(1) Asfalto			Solamente material bien graduado.
		(2) Cemento Pórtland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 B	GW - GM ó GP - GM ó GW - GC ó GP-GC	(1) Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado.
		(2) Cemento Pórtland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 C	GM ó GC ó GM - GC	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solamente material bien graduado..
		(2) Cemento Pórtland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Ceniza	IP no excede de 25		
3	CH ó CL ó MH ó ML ó OH ó OL ó ML-CL	(1) Cemento Pórtland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios
		(2) Cal	IP no menor de 12		
IP = Índice Plástico (b) $IP = 20 + (50 - \text{porcentaje que pasa la Malla N° 200}) / 4$			Sin restricción u observación No es necesario aditivo estabilizador	Fuente: US Army Corps of Engineers	

Tabla 15. Guía Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología y Pavimentos”

TIPO DE ESTABILIZADOR RECOMENDADO	NORMAS TÉCNICAS	SUELO ⁽¹⁾	DOSEIFICACIÓN ⁽²⁾	CURADO (APERTURA AL TRÁNSITO) ⁽³⁾	OBSERVACIONES
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 LL < 40% IP ≤ 18% CMO ⁽⁴⁾ < 1.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca ⁽⁵⁾ - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 18% - AG ≤ 18%	2 - 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 6 AASHTO M208	A-1, A-2 y A-3 Pasante malla Nº 200 ≤ 10% IP ≤ 8% Equiv. Arena ≥ 40% CMO (2) < 1.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.6% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca ⁽⁵⁾ - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 18% - AG ≤ 18%	4 - 8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o líncis
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% ≤ IP ≤ 50% CMO ⁽⁴⁾ < 3.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50%	2 - 8%	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de Calcio	ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2, y A-3 IP ≤ 15% CMO ⁽⁴⁾ < 3.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% ≤ IP ≤ 15% CMO ⁽⁴⁾ < 3.0% Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ²	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CMO ⁽⁴⁾ < 3.0% pH: mínimo 5 Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ²	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 309B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% ≤ IP ≤ 15% 4.5 < pH < 8.5 CMO ⁽⁴⁾ No debe contener Abrasión < 50% % < Nº 200: 10 - 35%	1L / 30-33 m ²	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceites sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO ⁽⁴⁾ < 1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

Tabla 16. Guía Complementaria Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología y Pavimentos”

III.METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

La investigación será de **tipo aplicada** debido a que parte de los antecedentes que se realizaron en otras investigaciones. Al respecto Rosa Zoila Vargas (2009) sostiene que la investigación aplicada “requiere un marco, es decir, seleccionar teorías en cual exponen definiciones centrales y sus rasgos contextuales de acuerdo a la problemática identificada” (p. 7).

Está basado en un **diseño experimental** ya se está manipulando una de las variables, en esta investigación se asignan porcentajes de incorporación de caucho en polvo y cal a las futuras muestras de la variable independiente. Según Niño (2011) sostiene que “un diseño experimental implanta relaciones de causa y efecto, así mismo descubre, comprueba, niega o confirma teorías” (p. 34).

Además, consta de un **diseño cuasiexperimental**, que es derivado del diseño experimental, ya que el investigador definirá el lugar de donde se extraerá la muestra a evaluar. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan que “los diseños cuasiexperimentales consisten en manipular una variable independiente con el fin de observar el resultado que representa sobre las variables dependientes” (p. 184).

Es de **nivel explicativo** debido a que va a determinar a través de resultados el mejoramiento de la subrasante tras la incorporación de caucho en polvo y cal de manera independiente, y se explicarán detalladamente los procedimientos empleados. Al respecto Niño (2011) señala que “implica averiguar las causas de las cosas y hechos de la realidad, respondiendo preguntas fundamentales con la finalidad de conocer el porqué de los sucesos” (p. 35).

Es de **enfoque cuantitativo** ya que parte de una hipótesis cuyo resultado será representado numéricamente, es decir, en cuanto mejorará la plasticidad, compactación y resistencia de la subrasante. Por otro lado, Niño (2011) mencionan que “está relacionado con la cantidad y utiliza principalmente las mediciones y cálculos” (p. 31).

3.2. Variables y operacionalización:

Variable independiente:

Caucho en polvo y cal

Variable dependiente:

Estabilización de la subrasante

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

Según Niño (2011) sostienen que "la población se constituye por una totalidad de elementos que conforman el ámbito de la investigación" (p. 56).

La población del proyecto de investigación está conformada por todas las subrasantes del distrito de Carabayllo, Lima.

Muestra:

Al respecto Niño (2011) sostiene la muestra es una representación de la población, que es seleccionada con la finalidad de estudiar las características de una población total" (p. 56).

La muestra está conformada por todas las subrasantes de la Av. Chimpu Ocllo cuadra 1 de la Urb. Corpac. Se ejecutarán dos calicatas de 1.50m de profundidad a cada 50m, y una vez obtenida la muestra, se procederá a realizar los ensayos descritos anteriormente.

Muestreo:

Según Niño (2011) señala que "el muestreo se define como la técnica mediante el cual se calcula la muestra de la población" (p. 57).

El muestreo será de tipo no probabilístico debido a que la muestra está delimitada por el investigador, es decir, no se escogió al azar. Se escogió la zona más afectada para la obtención de las muestras.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica. Niño (2011) sostiene que "se entiende como la actividad que implica la investigación, son llamados también métodos o como el instrumento que se aplicará a la investigación" (p. 30).

La técnica aplicada en el proyecto de investigación será la observación, debido a que es el método más confiable que acerca a la verdad. Según Niño (2011)

señala que “la observación nos permite tener conocimiento del mundo cotidiano y evadir sus peligros y solventar sus necesidades” (p. 62).

Instrumento de recolección de datos. En cada variable se aplicarán diversos instrumentos, como ensayos efectuados en laboratorio con el fin de obtener resultados confiables en cuanto a los diferentes ensayos mencionados anteriormente para poder determinar el comportamiento del caucho en polvo y la cal, en la estabilización de subrasante de la Av. Chimpu Ocllo cuadra 1. Según Baena (2017) señala que “los instrumentos son considerado como apoyo de la técnica con la finalidad de que cumpla con su propósito” (p.83).

Validez. El proyecto de investigación será validado por el juicio de especialistas en el área de la Ingeniería Civil, que consistirá en validar los instrumentos que se aplicarán en el desarrollo de los ensayos de laboratorio, y a través de la obtención las firmas de tres especialistas en el tema se dará mayor consistencia a los instrumentos propuestos.

Confiabilidad. En el proyecto de averiguación, se relación la confiabilidad con la calibración de los equipos empleados en los ensayos de laboratorio, con el fin de garantizar de que los resultados conseguidos en los ensayos son los más exactos posibles y a la vez son confiables.

3.5. Procedimientos

Para el terreno en estado natural, se tomará una muestra por cada calicata que se va a ejecutar en el proyecto, con el fin de establecer el contenido de humedad de la muestra, análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg y posterior a ello se resultará a clasificar el suelo por los métodos SUCS y AASHTO. Seguidamente se realizará la compactación del suelo con un arranque modificado (Proctor Modificado)) para determinar los valores de la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad y finalmente se realizará el ensayo del CBR para determinar el porcentaje del índice de resistencia del suelo en estado natural. Por otro lado se tendrá el terreno tratado, que consistirá en la incorporación del caucho en polvo y cal independientemente a la muestra, se comenzará realizando los límites de Atterberg para determinar de qué manera

afectará la plasticidad del suelo, seguidamente se realizará la compactación del suelo con una energía modificada (Proctor Modificado) con la incorporación de las diferentes dosificaciones del caucho en polvo y cal (3%, 5% y 7%) con el fin de calcular los nuevos valores de la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad. Finalmente, se calculará el CBR del terreno tratado con la incorporación de las diferentes dosificaciones del caucho en polvo y cal (3%, 5% y 8%) para determinar el índice de resistencia del terreno tratado.

3.6. Método de análisis de datos

En la actual investigación se realizarán los ensayos de contenido de humedad de un suelo, análisis granulométrico de suelos por tamizado, límite líquido de los suelos (LL), límite plástico de los suelos (LP) e índice de plasticidad (IP), Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) y finalmente el ensayo de CBR de los suelos (laboratorio). A continuación, se detallará como se llevará a cabo cada ensayo de manera sintetizada siguiendo rigurosamente el Manual de Ensayos de Materiales 2016 establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto está realizado con mucha transparencia, compromiso, responsabilidad y sobre todo respeto por los antecedentes, citándose de manera adecuada ya que sirvieron como principal fuente de información. Por otro lado, el presente proyecto se elaboró guiándose del Manual de Ensayos de Materiales 2016 establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones con el fin de obtener resultados confiables durante el desarrollo de los diferentes ensayos propuestos.

Tabla 17: Método de análisis de datos

Nú m.	NOMBRE DE ENSAYO	DURACIÓN	PROCEDIMIENTO
1	Ensayo de contenido de humedad ASTM D 2216 (MTC E108)	1 SEMANA	Presentar la muestra en una bandeja y cuartearla, colocar la muestra en un recipiente previamente pesada y anotar los datos de peso suelo húmedo más recipiente en un formato dado, seguidamente colocar en el horno eléctrico durante 24 horas de secado, después anotar el peso de suelo seco más recipiente. Repetir este ensayo por lo menos dos veces para obtener el promedio de los contenidos de humedades de ambos ensayos.
2	Ensayo de análisis granulométrico por tamizado ASTM D 422 (MTC E107)	1 SEMANA	La muestra debe estar seca, para poder registrar el peso de suelo seco de un cuarteo, al tratarse de una arcilla se dejará remojar en el agua potable para ablandar las partículas arcillosas y con la mano se desmenuzará el suelo se lavará las partículas arenosas por el caño de laboratorio, y se dejará pasar por la malla N°200 (0.075mm) para parte de finos limosa y arcillosa, cuando se observa que las partículas arenosas están limpias y el agua es transparente, se coloca al pocillo para secar las partículas arenosas al horno eléctrico durante 18 horas, después de secado y enfriado se pesa las partículas arenosas y se pasa al juego de tamices para colocarlo en el agitador. Seguidamente se toman los pesos retenidos en cada malla utilizada y se anotan los datos. Finalmente, en la hoja de cálculos, se debe tener cuidado al calcular los pesos retenidos con el peso antes de lavar por la malla, y poder determinar el porcentaje retenido y el porcentaje que pasa la malla N°200.

3	<p>Determinación del Límite líquido de los suelos MTC E110</p>	1 SEMANA	<p>En una muestra de suelo secado al aire, desmenuzar con un mortero las partículas sólidas y pasarlo por el tamiz N°40(0.425mm). Para el límite líquido se remoja la muestra para que se sature, ya que se trata de arcilla, se satura durante una noche para que al día siguiente esta muestra se coloque en la copa paralelo a la base de caucho de la copa y se acanala dejando dos taludes iguales y se procede a accionar la copa dos golpes por segundo hasta que se junte los taludes en el fondo de la copa a una separación de 1cm, se anota los números de golpes. Se observa los tres puntos en el gráfico y se traza una línea entre estos, seguidamente se lee a 25 golpes de la gráfica el límite líquido.</p>
4	<p>Determinación del límite plástico (L.P) de los suelos e índice de plasticidad (I.P) MTC E111</p>	1 SEMANA	<p>Para determinar el límite plástico, se amasa el suelo para obtener rollitos de 3mm de diámetro (1/8") hasta que se agriete el bastoncito y se registra el peso del suelo húmedo más recipiente en duplicado para obtener el límite plástico que está en función de los promedios de los contenidos de humedades. Seguidamente se calcula el índice de plasticidad, que consiste en la diferencia del límite líquido y límite plástico. Seguido a ello se procede a clasificar el suelo por los métodos SUCS y AASHTO.</p>

5	<p>Ensayo de Compactación (Proctor Modificado) ASTM D 1557 (MTC E115)</p>	1 SEMANA	<p>La muestra se seca al aire y se tamiza por la malla N°4(4.75mm) todo el material, para pesar cuatro bandejas con seis kilos cada uno, remojar con agua calculada de 6%, 8%, 10% y 12% al suelo, dejarlo saturar una noche en bolsa plástica herméticamente sellada, luego de este tiempo se presenta, en una bandeja, el suelo saturado (6%, 8%, 10% y 12%) para iniciar con la compactación en un molde cilíndrico indicado, en 5 capas con 56 golpes por capa, en la última capa exceder un poco sobre la altura del molde para enrasar la muestra y registrar el peso del molde más suelo compactado en un formato ya establecido, extraer el espécimen con un extractor de muestra y tomar el contenido de humedad de cada muestra extraída, tomar el peso del molde y medir el diámetro y altura del molde cilíndrico para calcular el volumen del molde de compactación. Finalmente se grafica la curva de compactación ploteando en la vertical la densidad seca y horizontal el contenido de humedad, obteniendo así la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.</p>
---	---	----------	---

6	<p style="text-align: center;">Ensayo California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 (MTC E132)</p>	1 SEMANA	<p>Mezclar la muestra y agua para llegar al óptimo contenido de humedad, compactación de la muestra de suelo en cinco capas con diferentes números de golpes por capas (56, 25 y 10 golpes por capa), tomar el dato de suelo compactado más molde, colocar el molde sobre base perforada con papel filtro en la base y parte superior de la muestra, colocar las pesas anular (10 lbs) de sobrecarga a cada molde compactado y sumergirlo en poza de saturación durante cuatro días e instalar el deformímetro para registrar posibles expansiones, luego escurrir el molde más muestra saturada y colocarlo en la prensa para registrar las lecturas del dial contra la penetración en pulgadas a una velocidad de aplicación de 0.05 pulgadas por minuto. Finalmente graficar la carga en libras contra penetración en pulgadas para 56, 25 y 10 golpes por capa, corregir y obtener para 0.1 y 0.2 pulgadas de penetración los valores cargan en libras corregidas y se grafica la densidad seca (56, 25 y 10 golpes por capa) contra el porcentaje de CBR de 0.1" y 0.2" y a 95% de máxima densidad seca se obtiene el índice de CBR.</p>
---	---	----------	---

Fuente: Elaboración propia.

IV. RESULTADOS

4.1. Ubicación geográfica

4.2. Nombre del proyecto:

La presente tesis tiene por título “Estabilización de la subrasante incorporando caucho y cal, en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo, 2020”

Ubicación de la Zona de estudio:

La presente tesis se realizó en el distrito de Carabayllo, ubicada específicamente en la Av, Chimpu Ocllo cuya coordenada es $11^{\circ}89'45.38''S$ con $77^{\circ}03'58.25''O$ con una elevación de 187.61 msnm ubicada exactamente entre las progresivas 24 + 000 hasta la progresiva 25 +500.

El objetivo de la presente tesis es Determinar la influencia de la adición del caucho y cal en porcentajes de 3%, 5% y 7%, en la estabilización de la subrasante en las vías de la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo, 2020.

El área de influencia de la presente tesis, se encuentra ubicada en:

Región	:	Lima.
Departamento	:	Lima.
Provincia	:	Lima.
Región Geográfica	:	norte.
Distrito	:	Carabayllo.

El Distrito de Carabayllo posee un total de 333.039 habitantes con una densidad de 960.1 hab/km² es uno de los distritos más extensos de la provincia de Lima, la población va en crecimiento con respecto a años anteriores, el distrito de Carabayllo limita por el sur con el distrito de Comas, por el norte con el distrito de Santa Rosa de Quives, por el este con el distrito de San Juan de Lurigancho y por el este con el distrito de Puente Piedra.

Localización geográfica del Proyecto



Figura 14. Ubicación del distrito de Carabayllo en el mapa del

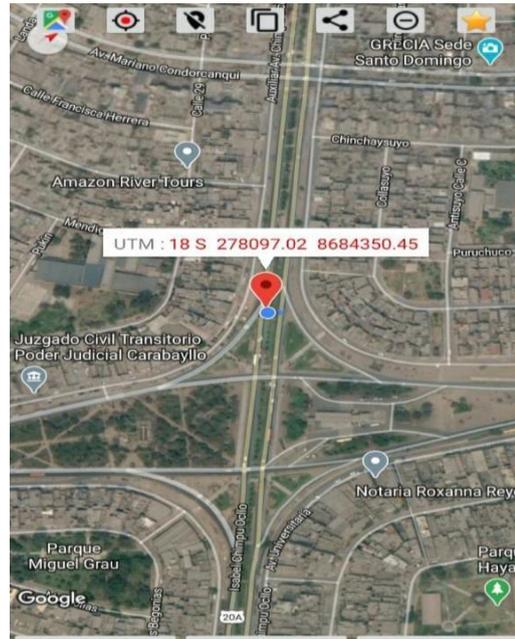


Figura 15. Ubicación del distrito de Carabayllo en el mapa de Lima Metropolitana

Accesibilidad a la Zona de Estudio:

Para llegar al área de intervención, partiendo desde la Plaza Bolognesi con rumbo Norte, se toma la Av. Alfonso Ugarte con dirección al norte, llegando a la Plaza Dos de Mayo; de ahí pasando hasta el ovalo Caquetá tomamos la salida hacia la Panamericana Norte siguiendo de frente hasta llegar al cruce con la Av. Universitaria, llegamos al inicio del cruce de la Av. Universitaria con la Panamericana Norte, hacemos recorrido toda la Av. Universitaria que inicia en el distrito de Comas hasta llegar al cruce con la Av. Chimpu Oclo, del distrito de Carabayllo, a partir del cruce se inicia el área de estudio de la presente tesis.

Estado actual de la zona del proyecto:

La vía en estudio tiene las mismas características a lo largo del kilómetro y medio en estudio, por lo que, a continuación para un mejor análisis se describe el tráfico actual que generalmente está compuesto por el tráfico de carga pesada que es el que existe actualmente, tiene un crecimiento vegetativo, el tráfico que actualmente existe en la zona es el que deriva de los vehículos de carga pesada que circulan

permanentemente acareando material de construcción de las canteras que existen en el margen del río Chillón.

Trabajo de Campo

Ubicación de las calicatas

Se realizó 01 calicata dentro del kilómetro y medio que comprende el estudio de la presente tesis, asignando un código para reconocer objetivamente, M-01.



Figura 16. Calicata en sitio M-01.

Fuente propia

La calicata M-01 se encuentra ubicada en la progresiva 24 + 500, la cual se desarrolla respetando los procesos, procedimientos, normas y reglamento que están vinculadas a los ensayos de materiales, de modo que se realice los ensayos con objetividad.

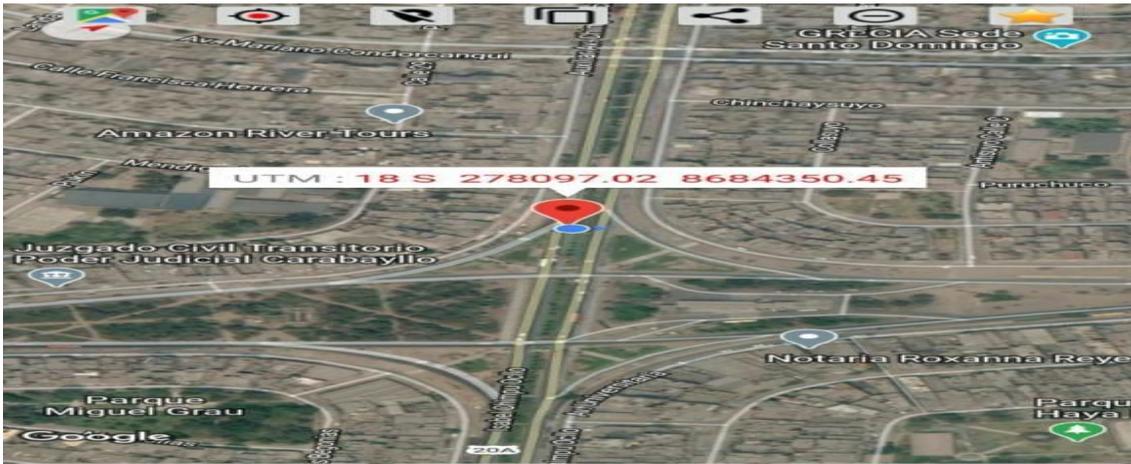


Figura 17. Ubicación de las calicatas M-01
Fuente Google Map

Se determinó realizar los ensayos de laboratorio con la muestra obtenida en la calicata M-1, debido a que se encuentra ubicada favorablemente en nuestra zona de estudio y cumple las condiciones, características y propiedades físicas del área de estudio.

Tabla 18: *Ubicación y descripción técnica de las calicatas*

Calicata	Progresiva	Profundidad	Lado	Coordenada
M-01	24 + 000	1.5	DERECHO	77°03'78.71"O

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo de Laboratorio

Se realizaron 07 ensayos de granulometría (NTP 339.132, 2014), las muestras fueron tomadas de la siguiente manera: 01 ensayo en estado natural de la calicata M-01, 06 ensayos con las muestras por separado de suelo de la calicata M-01, con adición del 3% , 5% y 7% de caucho y cal, para determinar su clasificación granulométrica de las partículas que están compuestas las muestras, se realizó la clasificación de los suelos mediante el sistema AASTHO (NTP 339.135, 2014) y SUCS (NTP 339.134, 2014), así mismo se realizaron 07 ensayos de límites de Atterberg para determinar el índice de plasticidad de las muestras para el análisis y estudio de limite líquido (MTC E-110, 2016) y limite plástico (MTC E-111, 2016) de las cuales se obtuvo el índice de plasticidad, las muestras fueron tomadas de la siguiente manera: 01 ensayo en estado natural de la calicata M-01, 06 ensayos con las muestras por separado de suelo de la calicata C-01, con adición del 3% , 5% y

7% de caucho y cal, así mismo se realizó el ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de del suelo (MTC E-113, 2016), seguidamente se realizaron los ensayos para determinar el material que pasa por el tamiz N°200 por el método "A" (NTP 339.132, 2014), del mismo modo se realizaron 07 ensayos de Proctor Modificado (MTC E-115, 2000) para determinar su máxima densidad seca y su humedad natural, las muestras se tomaron de la siguiente manera:01 ensayo en estado natural de la calicata M-01, 06 ensayos con las muestras por separado de suelo de la calicata M-01, con adición del 3% , 5% y 7% de caucho y cal, del mismo modo se realizará 07 ensayos de CBR (MTC E-132, 2000) para determinar su capacidad de resistencia del suelo, las muestras se tomaron de la siguiente manera:01 ensayos en estado natural de las calicatas M-01, 06 ensayos con las muestras por separado de suelo de la calicata M-01, con adición del 3% , 5% y 7% de caucho y cal, los ensayos se realizaron en el laboratorio WRC S.A.C. INGENIERÍA Y GEOTECNIA.

La muestra de suelo M-01, para el desarrollo de la presente tesis fueron tratadas con mucho cuidado al momento de su manipulación y traslado, de modo que éstas no se alteren en sus resultados, los estudios se realizaron respetando los parámetros establecidos dentro de la normas y el reglamento que define los procedimientos estandarizados, los ensayos se realizaron en el laboratorio WRC S.A.C. INGENIERÍA Y GEOTECNIA, cuyo resultado obtenido de los ensayos en el laboratorio han logrado analizar detalladamente cada una de las características y propiedades de las muestras de suelo obtenida en la calicata con el código M-01.



Figura 18. Ensayos de la muestra M-01 en laboratorio.



Figura 19. Toma de muestra M-01 en zona de trabajo



Figura 20. Registro de Muestra M-01 en zona de trabajo



Figura 21. Registro de muestra M-01 en zona de trabajo



Figura 22. Ensayos de la muestra CS-02 + combinaciones CB.

Granulometría ASTM 422 - MTC E 107

En primer orden se llevó a cabo el ensayo de análisis granulométrico por tamizado (ASTM-422, MTC E 107, NTP 339.134-2014), este ensayo determinó cuantitativamente las características físicas de las partículas que compone la muestra de suelo M-01, en estado natural, clasificándolo y separándolo de acuerdo a su tamaño, se emplearon mallas de diferentes dimensiones de modo que estas determinaron el tamaño de las partículas.

Tabla 19: Granulometría de la muestra de la calicata M-01 en estado natural.

Granulometría M-01			
Tamiz #	Mm	% retenido	% que pasa
3"	76.200	0.0	100.00
2"	50.800	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.0	100.00
3/8"	9.600	0.0	100.00
N°4	4.760	0.0	100.00
N°10	2.000	0.5	99.46
N°40	0.420	4.4	95.57
N°200	0.074	33.9	66.06
PASA N°200		100.0	00.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 que comprende al análisis granulométrico por tamizado de la muestra de suelo de la calicata M-01, donde se puede observar que el porcentaje de las partículas que pasa por el tamiz N°200 es del 66.06 %, la cual indica que la muestra cumple con los requerimientos estandarizados en la norma ASTM 422 – MTC 107 y norma NTP 339.132 - 2014, que indica que más del 50 % de finos deben pasar por el tamiz N°200 para considerarse como arcilla según su clasificación.

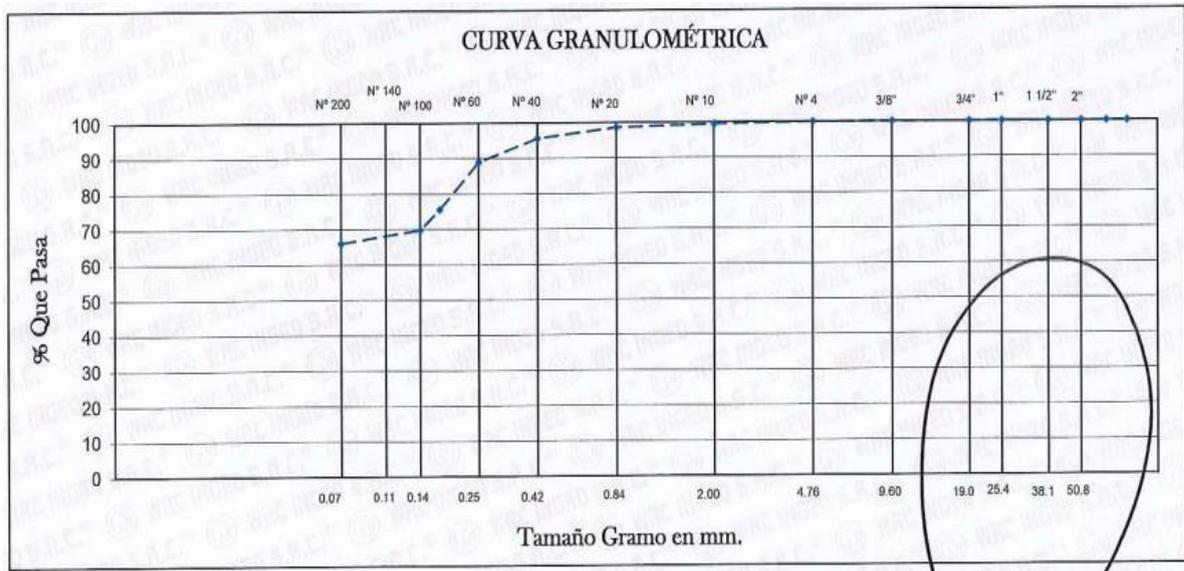


Figura 23: Curva de la granulometría de la muestra de la calicata M-01 en estado natural.

De acuerdo a la estratigrafía de la Fig.20, se observa que por el tamiz 3", N°2", N°3/4", N°3/8" y N°4" el porcentaje de partículas que pasa es el 100% desde dicho punto como inicio de curvatura, en el tamiz N°10 el porcentaje de partículas que pasa es del 99.46 %, en el tamiz N°40 el porcentaje de partículas que pasa es del 95.57 % y en el tamiz N°200 el porcentaje de partículas que pasa es del 66.06 %, los requisitos establecidos en las normas ASTM 422I indica que más del 50 % de finos deben pasar por el tamiz N°200 para considerarse como arcilla por tanto la muestra M-01 ensayada en laboratorio es suelo arcilloso.

De la muestra de suelo M – 01 ensayada en laboratorio se determinó la clasificación de suelo mediante el sistema SUCS (NTP 339.134-2014) y AASHTO (NTP 339.135-2014) la cual como resultado estableció como signo convencional CL en el sistema

de clasificación de SUCS y como resultado estableció como signo convencional A-4 (06) en el sistema AASHTO, de ese mismo modo se pudo calcular el contenido de humedad de la muestra M-01 en estado natural, tal como podemos observar en la tabla 18.

Tabla 20: *Resultado de clasificación SUCS, AASHTO y contenido de humedad de la M-01.*

Muestra	Progresiva	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Contenido de humedad
M -01	25 + 000	CL	A-4 (06)	41.10 %

Fuente: Elaboración propia.

Límite de Atterberg ASTM 4318

Se realizó a la muestra de suelo M-01 los ensayos de Límites de ATTERBERG (ASTM D4318, MTC E 1090 - 2000), para poder determinar el Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de plasticidad, estos resultados obtenidos en el ensayo es de gran importancia para poder determinar la clasificación del suelo en estudio, de modo que, se pueda determinar y conocer sus características físicas y mecánicas para poderlas mejorar, en la tabla 19 se observa los resultados del ensayo de límites de Atterberg, el resultado de la muestra ensayada determino que el límite liquido de la muestra M-01 es de 21%, el límite plástico es del 14% de modo que la diferencia de ambas nos dio como resultado que el índice de plasticidad es 7% por lo que corresponde según la clasificación de suelos un suelo arcilloso que está en el rango de $IP < 20$ determinado con una plasticidad media, luego con adición de caucho y cal al 3 % 5% y 7%, de modo que se puedo conocer objetivamente el contenido de humedad óptimo y la densidad máxima seca.

Tabla 21: Resultado de limite líquido, limite plástico y índice de plasticidad de M-01.

Muestra	Identificación	Limite Líquido (LL)	Limite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
M-1	Suelo natural	21%	14%	7%
M-1	3% de adición de caucho	20%	14%	6%
M-1	5% de adición de caucho	19%	15%	4%
M-1	7% de adición de caucho	18%	15%	3%
M-1	3% de adición de cal	22%	13%	9%
M-1	5% de adición de cal	21%	13%	8%
M-1	7% de adición de cal	20%	13%	7%

Fuente: Elaboración propia.

Proctor modificado ASTM D 1557

Para realizar el ensayo de Proctor Modificado se tuvo como referencia emplear el método "A", a través del método mencionado se determinó el contenido de humedad con relación a su densidad seca donde se pudo determinar la curva de compactación, para tener en cuenta como primer paso es importante conocer el peso específico de la muestra M-01 en estado natural, con adición de caucho y cal al 3 % 5% y 7%, de modo que se pueda conocer objetivamente el contenido de humedad óptimo y la densidad máxima seca.

Tabla 22: Resultado de compactación con energía modificada - Proctor Modificado M-01.

Muestra	Identificación	Humedad Optima	Densidad Máxima Seca (grs/cm3)
M - 01	Estado natural	12.60%	1.990
M - 01	3 % de adición de caucho	11.15%	2.009
M - 01	5 % de adición de caucho	10.45%	2.020
M - 01	7 % de adición de caucho	9.20 %	2.026
M - 01	3 % de adición de cal	12.00%	1.983
M - 01	5 % de adición de cal	12.20%	1.977
M - 01	7 % de adición de cal	12.40%	1.970

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 20 se observa los resultados del Proctor Modificado ensayado a la muestra de suelo M-01 en estado natural, de la cual se determinó que el óptimo contenido de humedad para dicha muestra es de 12.60 % en relación a su densidad máxima seca que es de 1.990 grs/cm³, del mismo modo se observa el resultado de la combinación de la muestra de suelo M-01 más la adición del 3 % de caucho y cal su óptimo contenido de humedad es 11.15 % y 12.00%, en relación a su densidad máxima seca que es de 2.009 grs/cm³ y 1.983 grs/cm³ respectivamente, del mismo modo se observa el resultado de la combinación de la muestra de suelo M-01 más la adición del 5 % de caucho y cal su óptimo contenido de humedad es 10.45 % y 12.20%, en relación a su densidad máxima seca que es de 2.020 grs/cm³ y 1.977 grs/cm³ respectivamente, del mismo modo se observa el resultado de la combinación de la muestra de suelo M-01 más la adición del 7 % de caucho y cal, su óptimo contenido de humedad es 9.20 % y 12.40%, en relación a su máxima densidad seca es de 2.026 grs/cm³ y 1.970 grs/cm³ respectivamente, de la cual se puede definir que es un suelo de mediana plasticidad por lo que retienen mayor humedad.

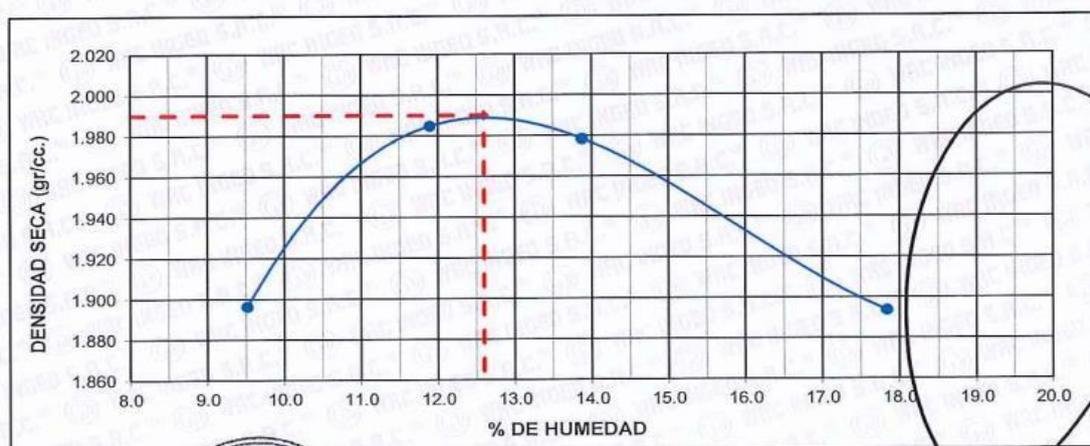


Figura 24: Diagrama relación óptimo contenido de humedad - densidad máxima del suelo natural.

En la estratigrafía 24 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo M-01 en estado natural sin adición de ningún aditivo donde se observa que el contenido de humedad óptimo es de 12.60% y la máxima densidad seca es de 1.990 grs/cm³.

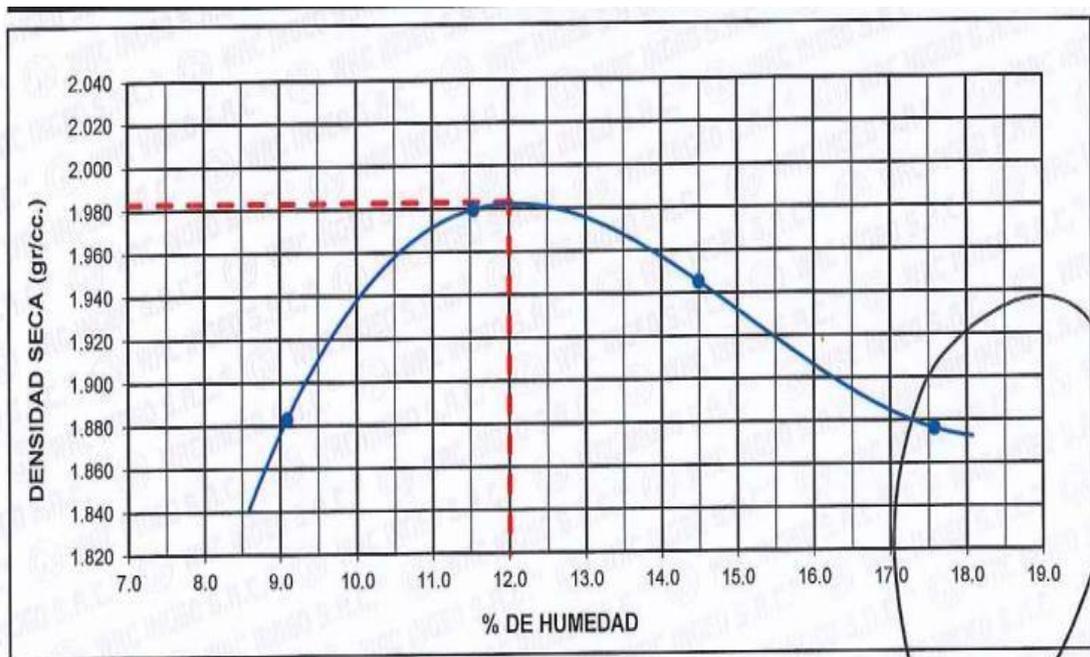
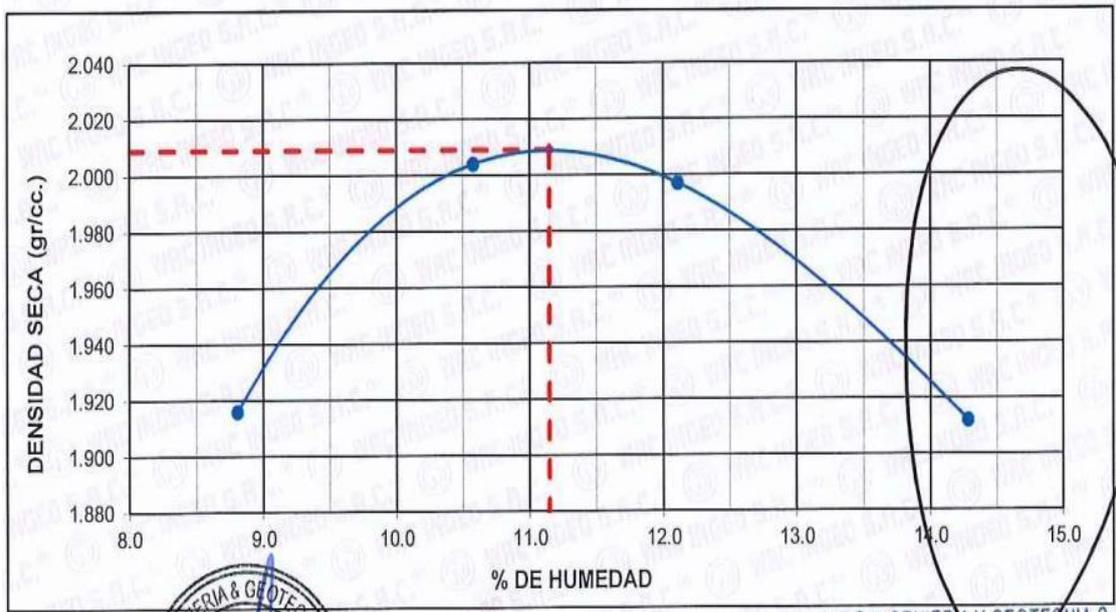


Figura 25: Diagrama relación óptimo contenido de humedad - densidad máxima seca de la muestra M-01 + 3 % de caucho y cal.

En la estratigrafía 25 se observa la curva de contenido de humedad optimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo M-01 con adición del 3 % de caucho y cal, donde se observa que el contenido de humedad optima es de 11.15 % y 12% y la máxima densidad seca es de 2.009 grs/cm³ y 1.983 grs/cm³ respectivamente.

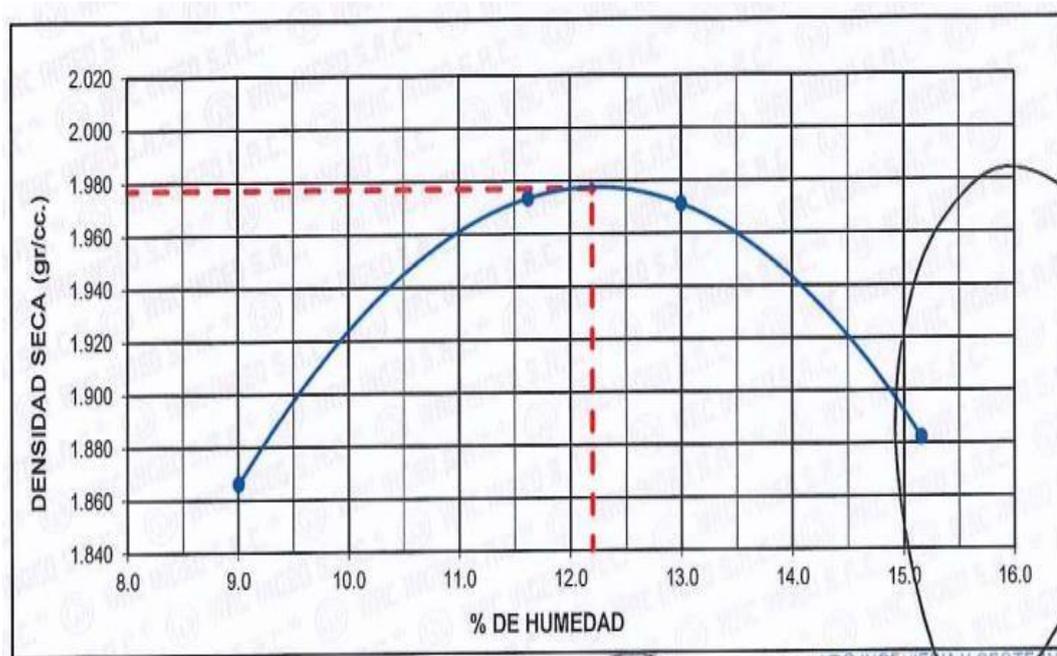
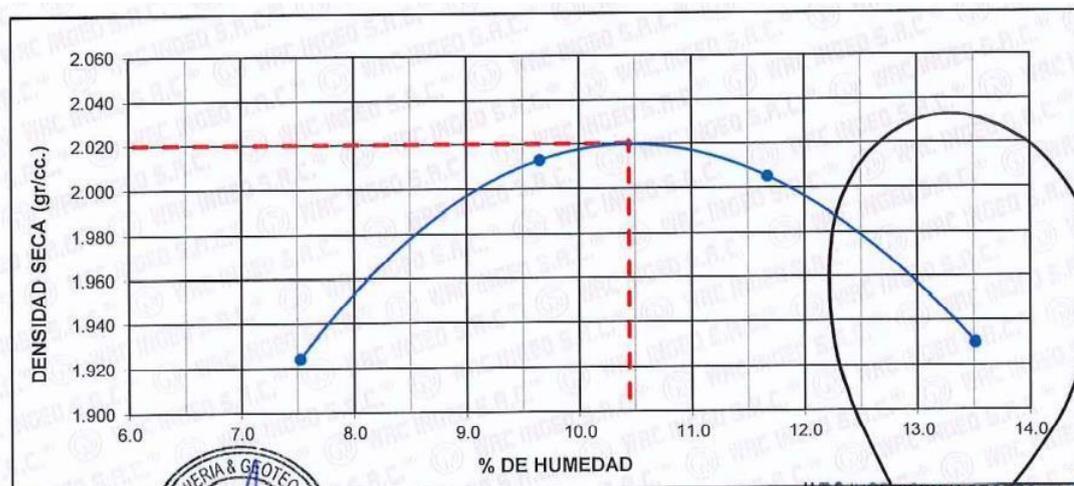


Figura 26: Diagrama relación optimo contenido de humedad - densidad máxima seca de la muestra M-01 + 5 % de caucho y cal respectivamente.

En la estratigrafía 26 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo M-01 con adición del 5 % de caucho y cal, donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 10.45% y 12.20% y la máxima densidad seca es de 2.020 grs/cm³ y 1.977 grs/cm³ respectivamente.

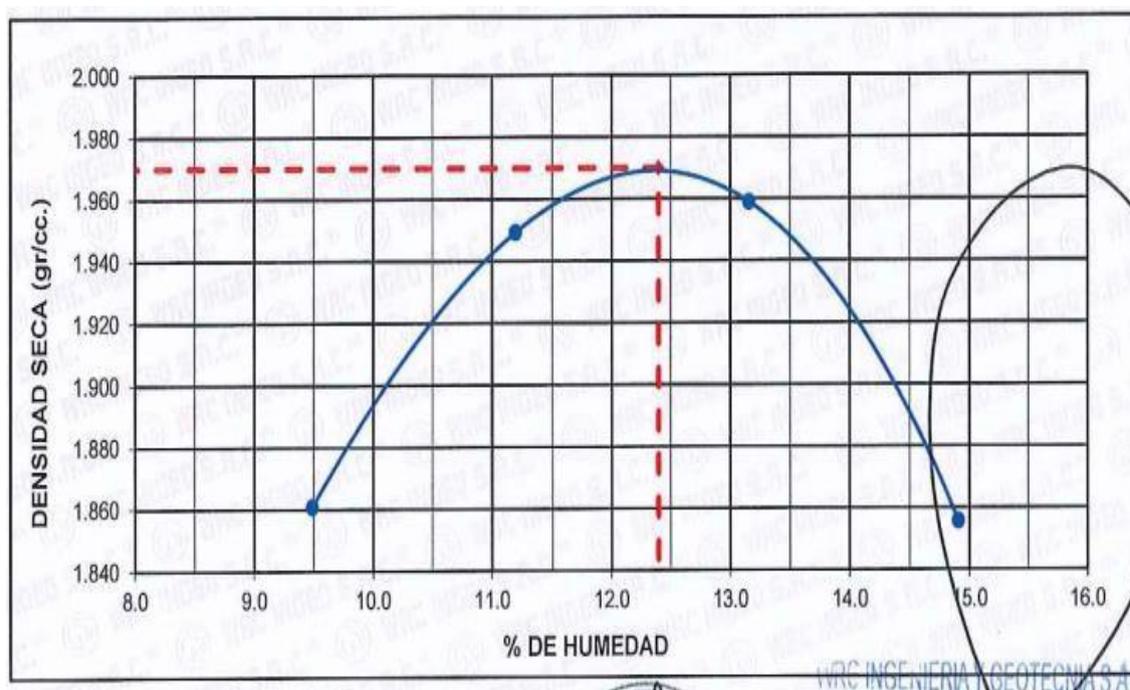
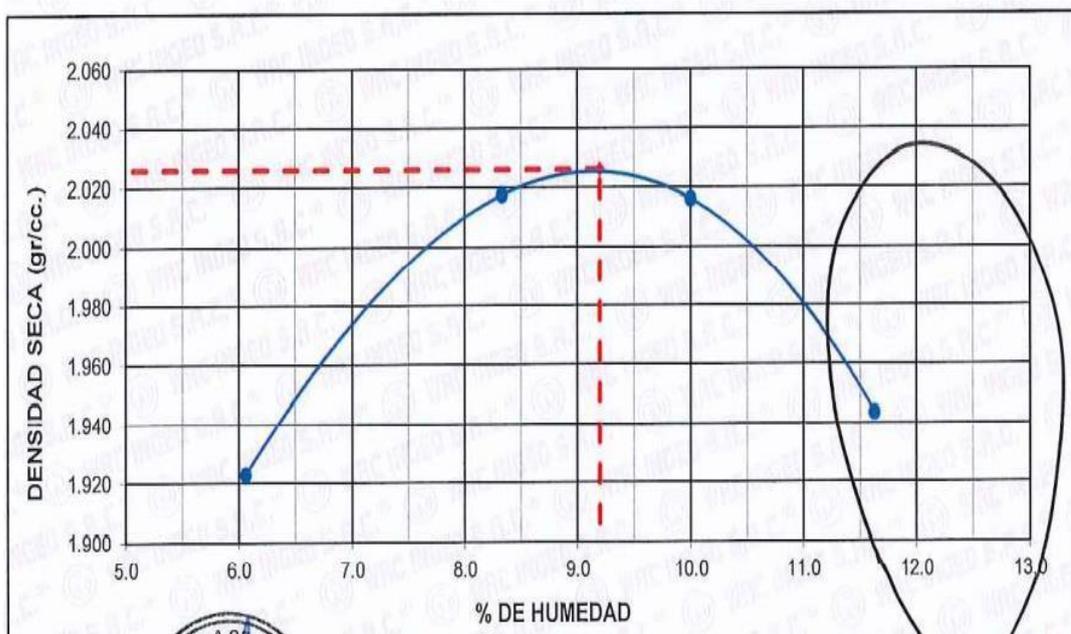


Figura 27: Diagrama relación óptimo contenido de humedad - densidad máxima seca de la muestra M-01 + 7 % de caucho y cal.

En la estratigrafía 27 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo M-01 con adición del 7 % de caucho y cal, donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 9.20% y 12.40% y la máxima densidad seca es de 2.026 grs/cm³ y 1.970 grs/cm³ respectivamente.

Tabla 23: Cuadro comparativo de resultado de Proctor Modificado de la muestra M-01 + dosificaciones de 3%, 5% y 7% caucho y cal.

Condición de la muestra	Humedad Óptima	Densidad Máxima Seca (grs/cm ³)
M - 01 Estado Natural	12.60%	1.990
M-01 + 3 % de adición de caucho	11.15%	2.009
M-01 + 5 % de adición de caucho	10.45%	2.020
M-01 + 7 % de adición de caucho	9.20%	2.026
M-01 + 3 % de adición de cal	12.00%	1.983
M-01 + 5 % de adición de cal	12.20%	1.977
M-01 + 7 % de adición de cal	12.40%	1.970

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 21 se observa los resultados de compactación con energía modificada - Proctor Modificado los valores que se muestra con respecto al óptimo contenido de humedad en relación a la máxima densidad seca de la muestra de suelo M – 01, el comportamiento varía favorablemente de acuerdo a las combinaciones de la muestra con respecto a la adición de caucho en porcentajes del 3%, 5% y 7 % mientras se adiciona en mayores porcentajes mayor será la mejora de compactación de suelo, en la muestra de suelo M-01 en estado natural el ensayo del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 12.60% con relación a su óptimo contenido de humedad de 1.990 grs/cm³, en la dosificación M-01 + 3 % de adición de caucho el ensayo del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 11.15% con relación a su óptimo contenido de humedad de 2.009 grs/cm³, en la dosificación M-01 + 5 % de adición de caucho el ensayo del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 10.45% con relación a su óptimo contenido de humedad de 2.020 grs/cm³ y en la dosificación M-01 + 7 % de adición de caucho el ensayo

del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 9.20% con relación a su optima contenido de humedad de 2.026 grs/cm3.

California Baring Ratio (CBR) ASTM D 1883

Del ensayo que se realizó a la muestra de suelo M-01, el ensayo de CBR es el más importante, ya que este ensayo determina la capacidad portante del suelo para ser empleada como sub rasante en el diseño de carreteras, se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 en estado natural, para poder determinar su capacidad portante patrón de la muestra, se tuvo que realizar 03 especímenes cada una sometidas a diferentes energías en relación con el número de golpes, el espécimen N°01 se realizó con una energía de 27.7 Kg*cm/cm3 (56 golpes), el espécimen N°02 se realizó con una energía de 12.2 Kg*cm/cm3 (25 golpes), el espécimen N°03 se realizó con una energía de 6.1 Kg*cm/cm3 (12 golpes) y para los tres empecines una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 21.

Tabla 24: *Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 en estado natural.*

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
M-01	Suelo Natural	0.1"	7.10 %	3.5 %

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23 se observa el resultado de la muestra M-01 en estado natural, el ensayo CBR al 100% determino 7.10 % de CBR para una penetración de 0.1", así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% determino 3.5 % de CBR para una penetración de 0.1", por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso en estado natural es considerada regular para su uso como sub rasante, tal como lo establece el manual de carretas -MTC, que establece que CBR<10% es igual a sub rasante regular como se observa en la tabla 4.

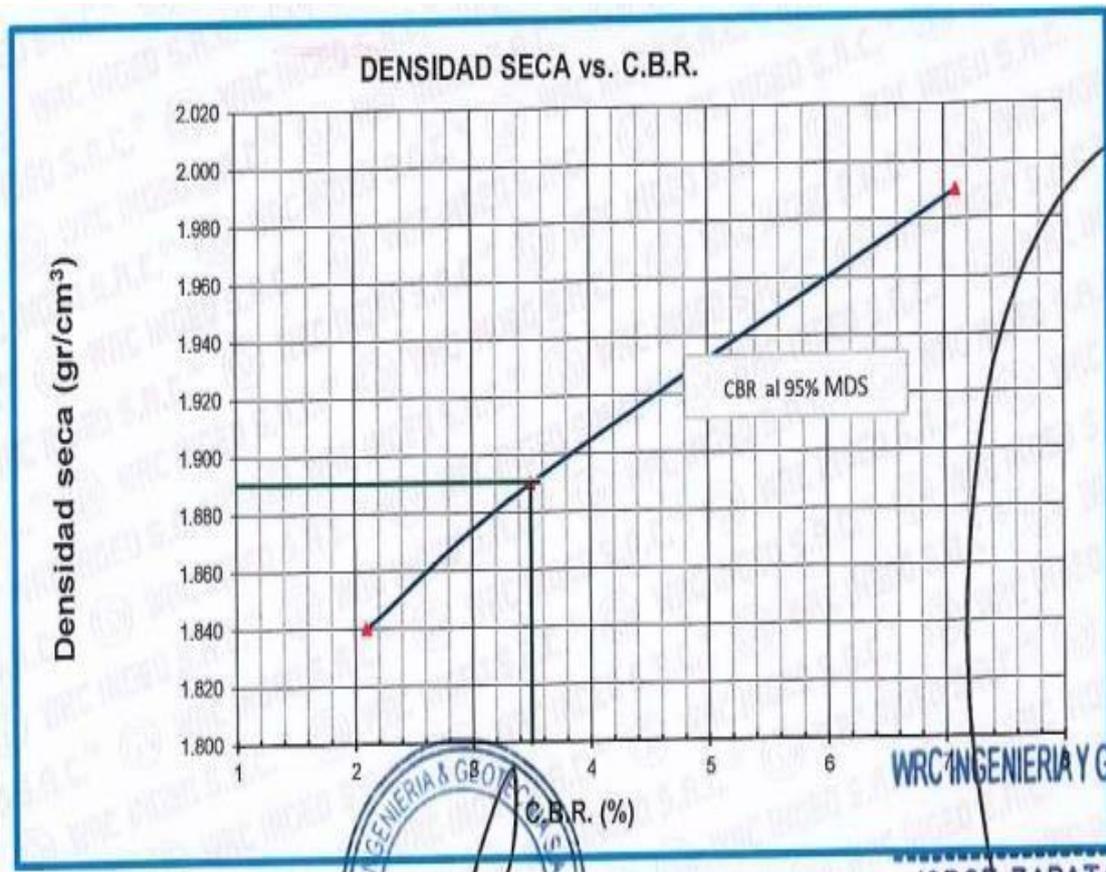


Figura 28: Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 en estado natural.

En la estratigrafía 27 se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 100% la máxima densidad seca es de 1.990 g/cm³, el CBR es de 7.10 % y 3.5 % para una penetración de 0.1", por lo que estos valores determinan una sub rasante regular y pobre respectivamente.

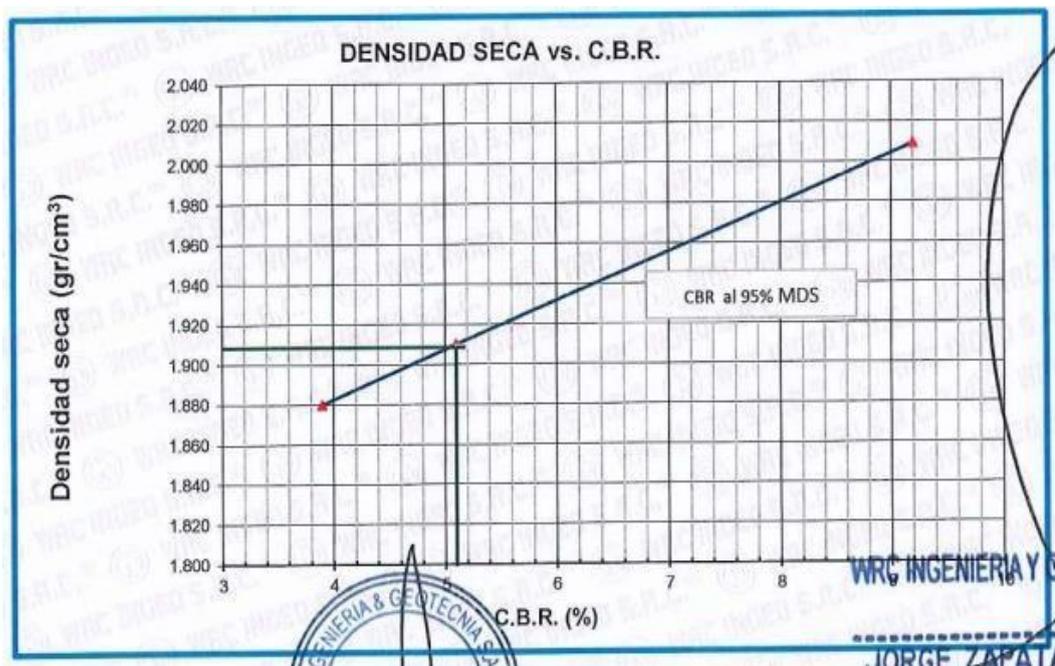
Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 con adición de 3 % de caucho y cal, para poder determinar su capacidad portante patrón de la muestra se tuvo que realizar 03 especímenes cada una sometidas a diferentes energías en relación con el número de golpes, el espécimen N°01 se realizó con una energía de 27.7 Kg*cm/cm³ (56 golpes), el espécimen N° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg*cm/cm³ (25 golpes), el espécimen N°03 se realizó con una energía de 6.1 Kg*cm/cm³ (12 golpes) y para los tres empecines una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 23.

Tabla 25: Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 + 3 % de caucho y cal.

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
M-01	M-01 + 3 % caucho	0.1"	9.20 %	5.10 %
M-01	M-01 + 3 % cal	0.1"	8.70 %	4.80 %

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 25 se observa el resultado de la muestra M-01 con adición de 3 % de caucho y cal, el ensayo de CBR al 100% determino 9.20 % y 8.70 % de CBR para una penetración de 0.1", así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% determino 5.10 % y 4.80 % de CBR para una penetración de 0.1", por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso es considerada regular y pobre respectivamente, para su uso como sub rasante, tal como lo establece el manual de carretas -MTC, que establece que el $CBR \geq 6\%$ a $CBR < 10\%$ y $CBR \geq 3\%$ a $CBR \leq 6\%$ es igual a una sub rasante regular y pobre respectivamente.



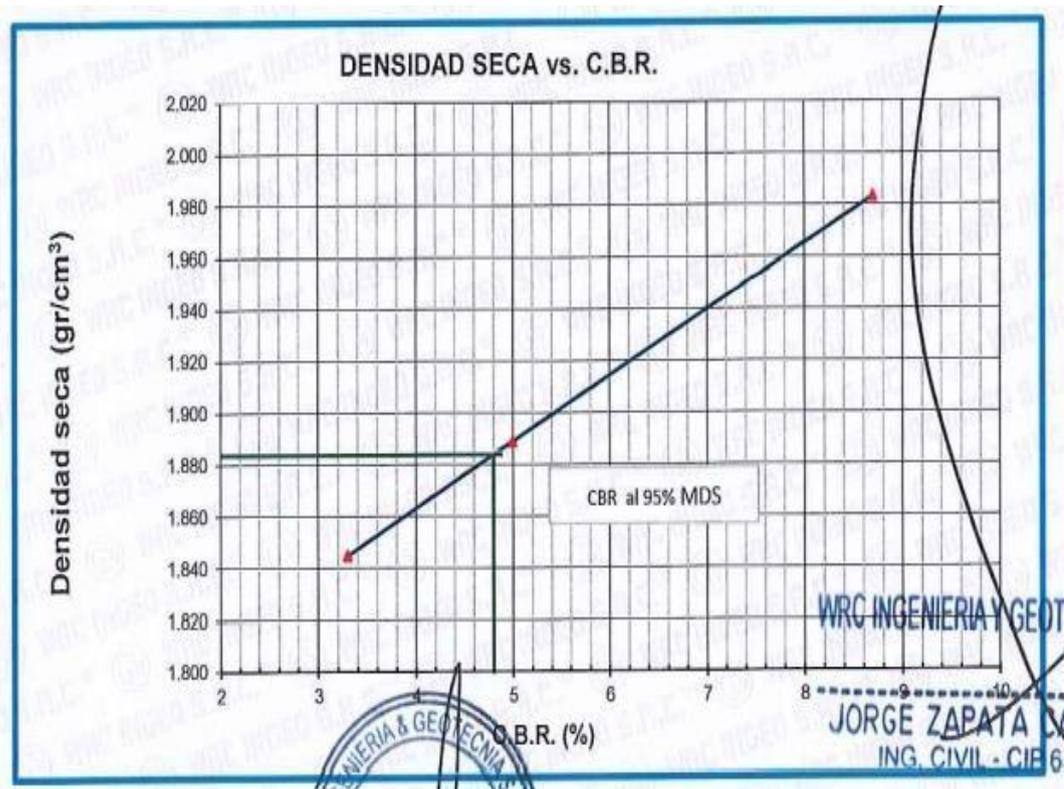


Figura 29: Diagrama de ensayo de CBR de muestra CS-02 + 10% Cenizas de Bagacillo (CB).

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 con adición de 5% de caucho y cal, para poder determinar su capacidad portante patrón de la muestra, se tuvo que realizar 03 especímenes cada una sometidas a diferentes energías en relación con el número de golpes, el espécimen N°01 se realizó con una energía de 27.7 Kg*cm/cm³ (56 golpes), el espécimen N°02 se realizó con una energía de 12.2 Kg*cm/cm³ (25 golpes), el espécimen N°03 se realizó con una energía de 6.1 Kg*cm/cm³ (12 golpes) y para los tres especímenes una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 25.

Tabla 26: Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 + 5 % de caucho y cal.

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
M - 01	M-01 +5 % caucho	0.1"	10.60%	7.40%
M - 01	M-01 +5 % cal	0.1"	9.90%	6.92%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 27 se observa el resultado de la muestra M-01 con adición de 5 % de caucho y cal, el ensayo de CBR al 100% determino 10.60 % y 9.90 % de CBR, respectivamente para una penetración de 0.1”, así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% determino 7.40 % y 6.92% de CBR para una penetración de 0.1”, por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso es considerada buena y regular respectivamente para su uso como sub rasante, tal como lo establece el manual de carretas -MTC, que establece que el $CBR \geq 10 \%$ A $CBR < 20 \%$ y $CBR \geq 6 \%$ a $CBR < 10 \%$ es igual a una sub rasante buena y regular respectivamente, como se observa en la tabla 4.

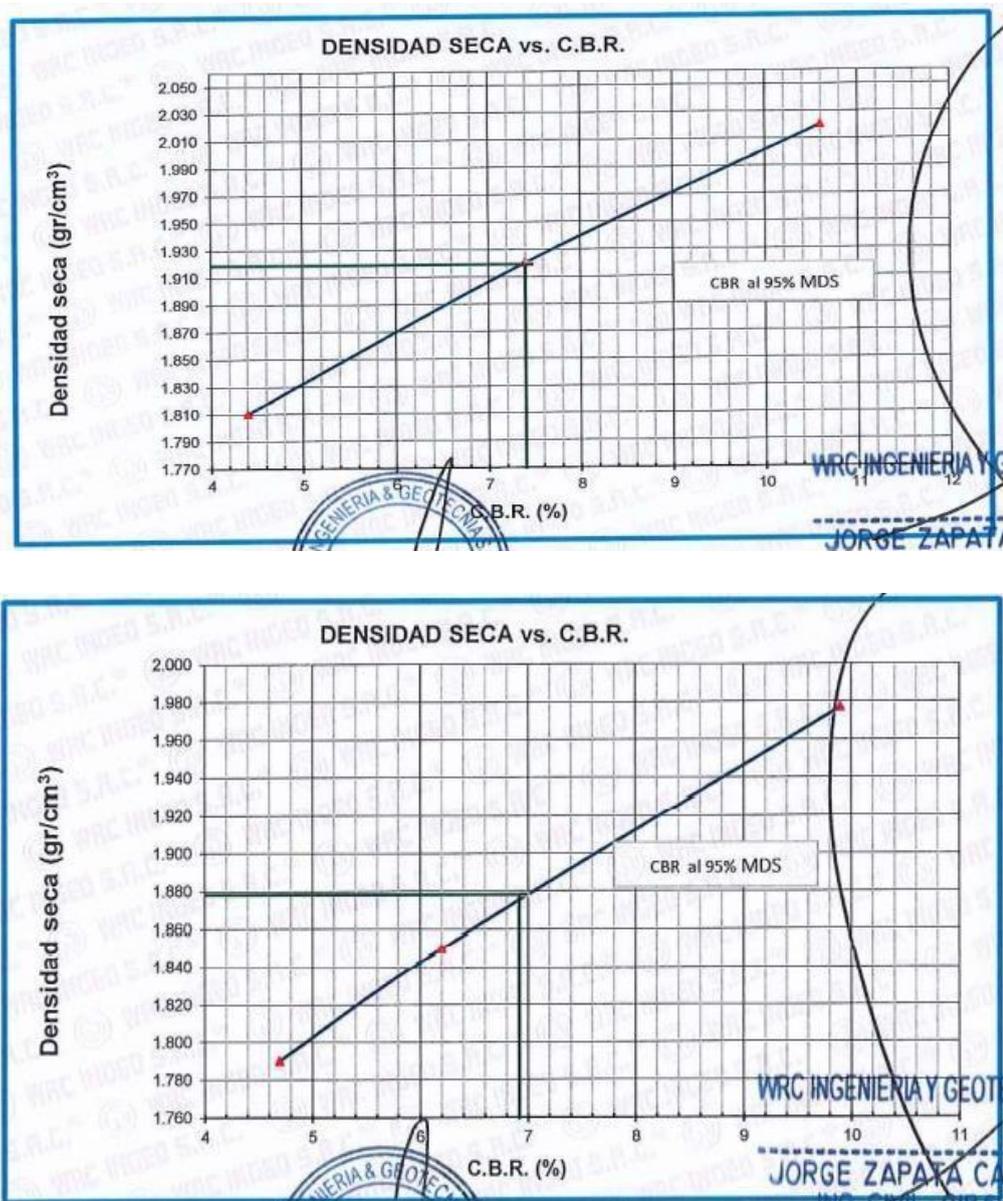


Figura 30: Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 + 5% caucho y cal.

En la estratigrafía 30 se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 100% la máxima densidad seca es de 2.020 g/cm³ y 1.977 g/cm³, el CBR es de 10.60 % y 9.90 % para una penetración de 0.1", por lo que estos valores determinan una sub rasante buena y regular respectivamente.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 con adición de 7% de caucho y cal, para poder determinar su capacidad portante patrón de la muestra se tuvo que realizar 03 especímenes cada una sometidas a diferentes energías en relación con el número de golpes, el espécimen N°01 se realizó con una energía de 27.7 Kg*cm/cm³ (56 golpes), el espécimen N°02 se realizó con una energía de 12.2 Kg*cm/cm³ (25 golpes), el espécimen N°03 se realizó con una energía de 6.1 Kg*cm/cm³ (12 golpes) y para los tres empecines una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 27.

Tabla 27: Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 + 7 % de caucho y cal.

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
M - 01	M-01 + 7 % caucho	0.1"	12.10%	9%
M - 01	M-01 + 7 % cal	0.1"	11.50%	8%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 29 se observa el resultado de la muestra M-01 con adición de 7% de caucho y cal, el ensayo de CBR al 100% determino 12.10% y 11.50% y CBR al 95% determino 9% y 8%, para una penetración de 0.1", por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso es considerada buena y regular para su uso como sub rasante, tal como lo establece el manual de carretas -MTC, que establece que el CBR ≥ 10 % A CBR < 20% y CBR ≥ 6 % a CBR < 10 %, es igual a una sub rasante buena y regular respectivamente.

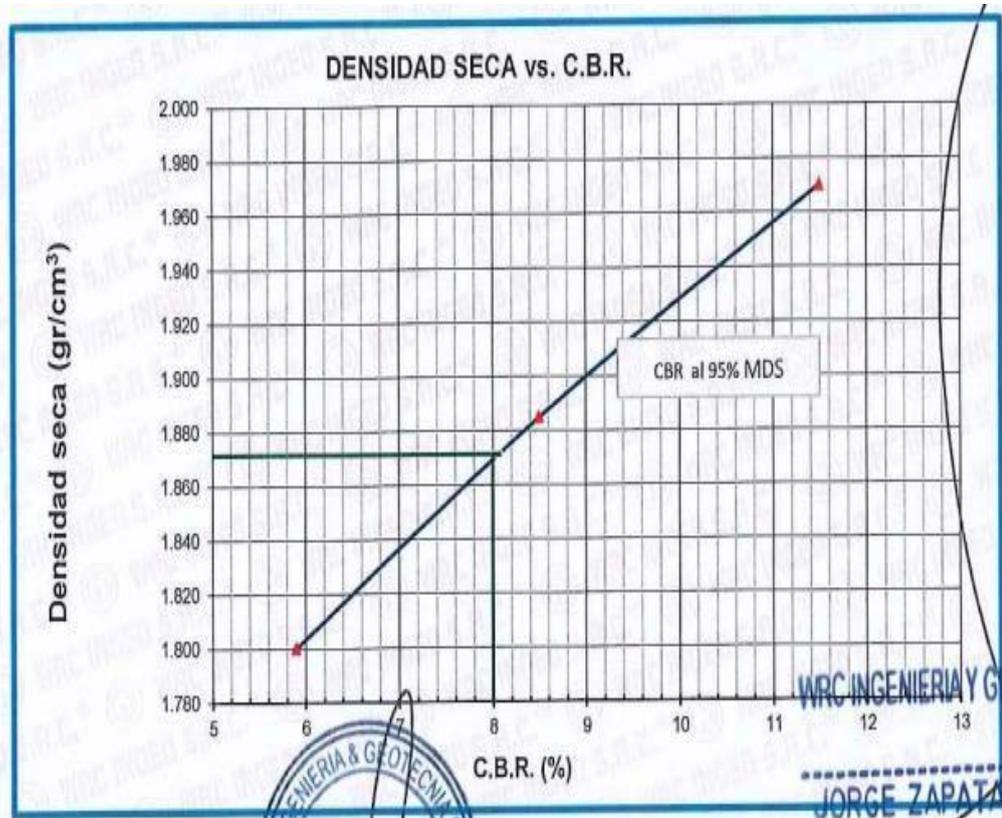
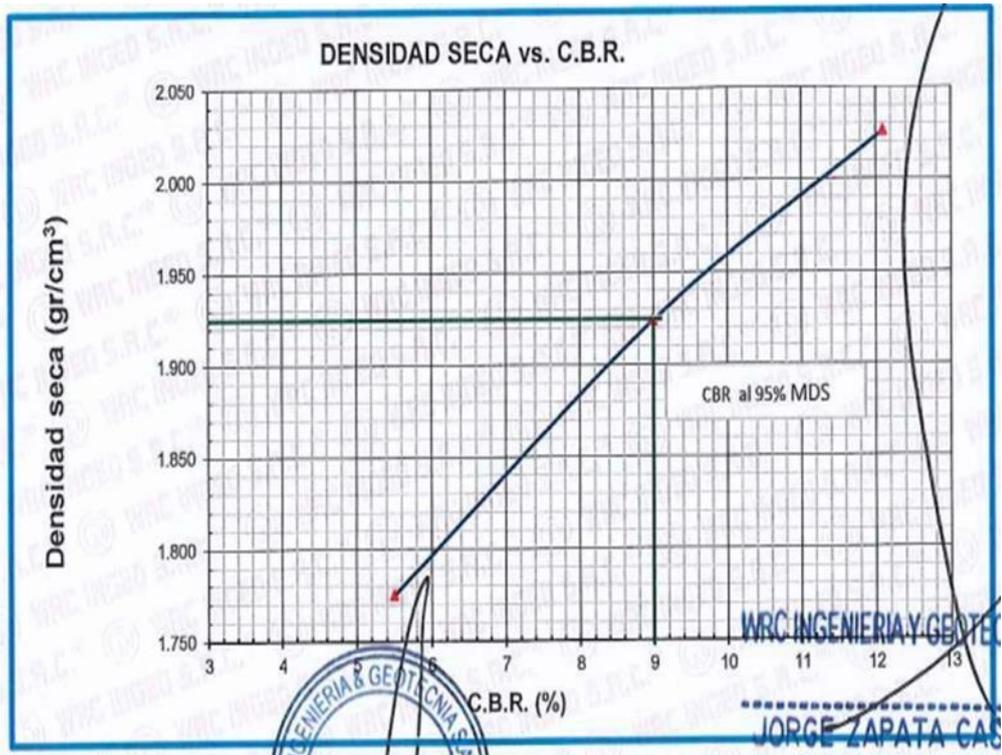


Figura 31: Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 + 7% caucho y cal.

En la estratigrafía 32 se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca para el caucho y cal, para el CBR al 100% la máxima densidad seca es de 2.026 g/cm³ y 1.970 g/cm³, el CBR es de 12.10 % y 11.50% para una penetración de 0.1", por lo que estos valores determinan una sub rasante buena y regular respectivamente.

Tabla 28: Cuadro comparativo de resultado de CBR de la muestra M-01 + dosificaciones de 3%, 5% y 7% de caucho y cal.

Ensayo de CBR	CBR al 100 %	CBR al 95 %
Condición de la muestra	Penetración 0.1"	Penetración 0.1"
M-01 Estado Natural	7.10%	3.50%
M-01 + 3% de adición de caucho	9.20%	5.10%
M-01 + 5% de adición de caucho	10.60%	7.40%
M-01 + 7% de adición de caucho	12.10%	9.00%
M-01 + 3% de adición de cal	8.70%	4.80%
M-01 + 5% de adición de cal	9.90%	6.92%
M-01 + 7% de adición de cal	11.50%	8.00%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 30 se observa los resultados de ensayo de CBR los valores que se muestra están en relación a la dimensión de penetración con el porcentaje de CBR, el comportamiento varia favorablemente de acuerdo a las combinaciones de la muestra con respecto a la adición de caucho y cal en porcentajes del 3%, 5% y 7% mientras se adiciona en mayores porcentajes mayor será la mejora de resistencia del suelo, en la muestra de suelo M-01 en estado natural el ensayo de CBR al 100 % y 95% con penetración de 0.1" dio valor 7.10% y 3.5% respectivamente de CBR, en la dosificación M-01 + 3% de adición de caucho y cal el ensayo de CBR al 100 % con penetración de 0.1" dio valor 9.20% y 8.70% respectivamente de CBR, al 95 % con penetración de 0.1" dio valor 5.105% y 4.80% respectivamente de CBR, en la

dosificación M-01 + 5 % de adición de caucho y cal el ensayo de CBR al 100 % con penetración de 0.1" dio valor 10.60% y 9.90% respectivamente de CBR, así mismo el ensayo de CBR al 95 % con penetración de 0.1" dio valor 7.40% y 6.92% respectivamente de CBR, en la dosificación M-01 + 7% de adición de caucho y cal el ensayo de CBR al 100 % con penetración de 0.1" dio valor 12.10% y 11.50% respectivamente de CBR, así mismo el ensayo de CBR al 95 % con penetración de 0.1" dio valor 9% y 8% respectivamente de CBR.

Contrastación de hipótesis

Con los resultados obtenidos en laboratorio de suelos WRC S.A.C. INGENIERÍA Y GEOTECNIA y representadas en las figuras de estos, se aprueba la hipótesis que la adición del caucho y cal, influyen en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020, el porcentaje de adición más óptimo para el mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos es del 12.10% y 11.50% de caucho y cal respectivamente.

Con las figuras elaboradas sustentadas en base a los resultados obtenidos en laboratorio, con respecto a las propiedades del suelo arcilloso, se comprueba que el caucho y cal, influyen de manera positiva en las propiedades del suelo arcilloso para uso como sub rasante en las vías de la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo – 2020.

Por medio del ensayo de Proctor Modificado se obtuvo resultados, los cuales se representaron en figuras, de estos, se afirma la hipótesis que la adición de caucho y cal influyen de manera efectiva en el mejoramiento de la densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad de suelos arcillosos para uso como sub rasante en las vías de la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo – 2020, el porcentaje de combinación más óptimo para el mejoramiento efectiva en el mejoramiento de la densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad de los suelos arcillosos es del 12.10% y 11.50 % de caucho y cal respectivamente.

Por medio del ensayo de CBR se obtuvo resultados, los cuales se representaron en figuras de estos, se afirma la hipótesis que la adición de caucho y cal influyen de manera efectiva en el mejoramiento de la resistencia de suelos arcillosos para uso como sub rasante en las vías de la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo – 2020, el

porcentaje de combinación más óptimo para el mejoramiento efectivo de la resistencia de los suelos arcillosos es del 12.10% y 11.50% de caucho y cal respectivamente.

V. DISCUSIÓN

V. DISCUSIÓN

OG. Determinar la influencia de la adición de caucho y cal en porcentajes de 3%, 5% y 7%, en las propiedades del suelo arcilloso para su uso como sub rasante en las vías de acceso de la Av. Chimpu Ocllo, Lima – 2020.

En la investigación de Cubas (2019) en su tesis titulada *“Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes”*, el autor busca establecer la severidad mecánica de un material para afirmado tras la incorporación del caucho granulado (2mm-6mm) en porcentajes de (3%, 5% y 7%), recomendando que no es conveniente emplear el caucho granular en un suelo GC (grava arcillosa) ya que se presentó un incremento del OCH y por ende disminuyó su CBR y MDS.

Díaz y Torres (2019) en su tesis titulada ***“Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”***

El autor busca determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos a través de la adición del caucho de neumáticos que pasa la malla #10 (2mm a menos), recomendando utilizar un 3% de caucho granular para estabilizar un suelo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) debido a que aumenta su CBR y OCH, así mismo disminuye su MDS.

En la presente investigación existe diferencia con Cubas (2019) a pesar de coincidir con los porcentajes (3%,5% y 7%) de adición de caucho en suelo GC (grava arcillosa), el cual determino como resultado que el caucho granular (2mm-6mm), no es conveniente emplear en este tipo de suelo para su uso como sub rasante, mientras que hay coincidencia con Díaz y Torres (2019), el cual determino utilizar 3% de caucho granular para estabilizar un suelo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad)

Por su parte, Jara (2014) con su tesis titulada: “Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso, se plantearon como objetivos evaluar el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso en Cajamarca”, El autor busca determinar agrandar la firmeza de la subrasante adicionando 4% de cal a la subrasante, en caminos de bajo volumen de tránsito, logrando demostrar que el CBR al 95% se incrementa de 4% a 11%.

Martínez (2014) en su tesis titulada *“Estabilización de suelos con cal hidratada para uso en pavimentos rígidos en la zona oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán”*, para mejorar las condiciones del subsuelo de las colonias de la zona Oriente, al agregar cal en porcentaje mínimo de 2%, logrando incrementar el valor de soporte de 5.45% a 22.20%, comprobando que el uso de cal en estos suelos mejora las propiedades.

De igual forma en la presente investigación existe coincidencia con Jara (2014) y Martínez (2014), que, al adicionar cal en diferentes tipos de suelos y porcentajes de dosificación, para uso como sub rasante, se obtiene un incremento de porcentaje de CBR.

En ese sentido comparando resultados, se observa que para la adición de caucho en diferente dosificación porcentual en determinado tipo de suelo, se obtienen resultados favorables y desfavorables en el comportamiento de la subrasante, en cambio al agregar o adicionar cal independientemente del tipo de suelo y dosificación porcentual, se obtienen resultados mayormente favorables en el comportamiento de la subrasante, por lo tanto, se define que la cal a diferencia del caucho, tiene un mejor comportamiento en la sub rasante.

01. Determinar la influencia de la cal y el caucho en la plasticidad de la subrasante en la Av. Chimpu Oclo, Carabayllo 2020.

Para la investigación de Cusquisibán (2014) en su tesis titulada *“Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento”*, el autor corrobora a través de los ensayos físicos la clasificación de su muestra, estableciendo mediante el sistema SUCS y AASHTO es OH (Suelos orgánicos de alta plasticidad) y OL (Suelos orgánicos de baja plasticidad) y A-7-5, respectivamente, el autor define un porcentaje de 20.00% de índice de plasticidad y 15.70 de OCH para su muestra, la cual indica que es un suelo con baja resistencia, se determinó que al adicionar 20%, 40% y 60% de caucho, disminuyó su Índice de plasticidad manifestándose en su OCH, del valor de 15.70% disminuyó a 14.30%, 13.80% y 7.60% respectivamente. En esta investigación coincide con Cusquisibán, se conoció a través de los ensayos de granulometría que el material que pasa por el tamiz N°200 es del 66.06% la cual la considera como suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) y A-4 IG (4) según la clasificación SUCS y AASHTO

respectivamente, siendo su índice plasticidad 7% y OCH 12.60% obtenido de la muestra' M-01, se determinó que al adicionar 3%, 5% y 7% de caucho, disminuyó su Índice de plasticidad manifestándose en su OCH, del valor de 12.60% disminuyo a 11.15%, 10.45% y 9.20% respectivamente.

Por tanto, realizando una comparación podemos decir que los resultados tienen coincidencias, sin embargo, poseen resultados con valores distintos esto se debió al tipo de suelo de la que están compuestas las muestras de cada autor que poseen diferentes propiedades.

Hernández, Mejía y Zelaya (2016) en su tesis titulada *“Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la Universidad del Salvador”*, para examinar las mejoras en la conducta de un suelo arcilloso mediante la uso de cal como agente estabilizador en la subrasante de pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador, llegando a definir que el 5% de cal era adecuado, logrando disminuir el índice de plasticidad de 45% a 0%.

Esta investigación coincide referencialmente con Hernández, Mejía y Zelaya (2016), puesto que a través de los ensayos de Atterberg en un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) y A-4 IG (4) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, siendo su índice plasticidad 7% , obtenido de la muestra' M-01, determinó que al adicionar 3%, 5% y 7% de cal, su Índice de plasticidad se mantiene en 7%, al adicionar 7% de cal y en los demás casos de adición de 3% y 5% se incrementa en 9% y 8% respectivamente.

En ese sentido comparando resultados, se observa para la adición de caucho en diferente dosificación porcentual en determinado tipo de suelo, se obtienen resultados favorables, en el comportamiento de la subrasante, en cambio al agregar o adicionar cal, se mantienen los resultados en el comportamiento de la subrasante respecto al índice de plasticidad, por lo tanto, se define que el caucho a diferencia de la cal, tiene un mejor comportamiento en la sub rasante.

O2. Determinar la influencia de la cal y caucho en la compactación de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020

Cubas (2019) en su tesis titulada *“Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes”*, para establecer la

severidad mecánica de un material para afirmado tras la incorporación del caucho granulado (2mm-6mm), en un suelo GC (Grava arcillosa), obtuvo una Máxima Densidad Seca (MDS) de 2.30 g/cm³, y al adicionar 3%, 5% y 7% , determinó que ésta disminuye en valores de 2.19%, 2.16% y 2.07% respectivamente.

Díaz y Torres (2019) en su tesis titulada *“Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”* para determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, en un suelo tipo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) según la clasificación SUCS y A-7-5 según AASHTO, presentó una MDS de 1.551g/cm³ y adicionando caucho granular (2mm a menos) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 1%, 3%, 5%, 7% y 9% disminuyeron a 1.542g/cm³, 1.505g/cm³, 1.492g/cm³, 1.490g/cm³, 1.44g/cm³ respectivamente.

Por tanto, realizando una comparación de resultados del ensayo de Proctor Modificado, podemos decir que discrepan, puesto que, en la presente investigación en un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) y A-4 IG (4) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, su MDS fue 1.990 g/cm³, obtenido de la muestra' M-01, y al adicionar 3%, 5% y 7% de caucho, esta se incrementa a 2.009g/cm³, 2.020g/cm³ y 2.026g/cm³ respectivamente, en ese sentido se pueden afirmar que se pudo determinar que la adición de caucho mejora la máxima densidad seca con relación a su óptimo contenido de humedad, finalizando que favorece a la compactación.

Por su parte Jara (2014) con su tesis titulada: “Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso, se plantearon como objetivos evaluar el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso en Cajamarca”, donde tuvo como objetivo agrandar la firmeza de la subrasante en un suelo CH y A-7-5 IG(29) según la clasificación SUCS y AASTHO respectivamente, y habiéndose realizado los ensayos en el laboratorio, se obtuvo una MDS de 1.69 g/cm³ y al adicionar cal en porcentajes de 2%, 4% y 6% este valor disminuye a 1.65%, 1.59% y 1.55% respectivamente.

Realizando una comparación de resultados del ensayo Proctor Modificado, podemos decir que coinciden, puesto que, en la presente investigación en un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) y A-4 IG (4) según la clasificación SUCS y AASHTO

respectivamente, su MDS fue 1.990 g/cm³, obtenido de la muestra' M-01, y al adicionar 3%, 5% y 7% de cal, esta disminuye a 1.983g/cm³, 1.977g/cm³ y 1.970g/cm³ respectivamente, en ese sentido se pueden afirmar la adición de cal no mejora la máxima densidad seca con relación a su óptimo contenido de humedad, finalizando que no favorece a la compactación.

En ese sentido comparando resultados, se observa para la adición de caucho en diferente dosificación porcentual en determinado tipo de suelo, se obtienen resultados favorables, en el comportamiento de la subrasante, en cambio al agregar o adicionar cal, los resultados discrepan en el comportamiento de la subrasante respecto a la MDS, por lo tanto, se define que el caucho a diferencia de la cal, tiene un mejor comportamiento en la sub rasante.

03. Determinar la influencia de la cal y la caucho en la resistencia de la subrasante en la Av. Chimpu Oclo, Carabaylo 2020.

Cubas (2019) en su tesis titulada *“Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes”*, para establecer la severidad mecánica de un material para afirmado tras la incorporación del caucho granulado (2mm-6mm), en un suelo GC (Grava arcillosa), obtuvo un CBR de 55.63%, y al adicionar 3%, 5% y 7%, determinó que ésta disminuye a valores de 16.50%, 13.91% y 8.80% respectivamente.

Díaz y Torres (2019) en su tesis titulada *“Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”* para determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, en un suelo tipo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) según la clasificación SUCS y A-7-5 según AASHTO, presentó un CBR de 2.94% y adicionando caucho granular (2mm a menos) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 1%, 3%, 5%, 7% y 9%, determina que en la adición de los porcentajes de 1% y 3% se incrementa a 3.85%, 5.15%, y en adición de 5%, 7% y 9%, disminuyen a 4.97%, 4.88%, 2.92% respectivamente.

Por tanto, realizando una comparación de resultados del ensayo CBR, podemos decir que se discrepa con Cubas y coincide en parte con Díaz y Torres, donde la adición de caucho debe ser en menores porcentajes, de tal manera que el valor CBR

del suelo natural incremente positivamente, puesto que, en la presente investigación en un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) y A-4 IG (4) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, el CBR fue 7.10% al 100% de MDS y a una penetración de 1", obtenido de la muestra' M-01, y al adicionar 3%, 5% y 7% de caucho, esta se incrementa a 9.20%, 10.60% y 12.10% respectivamente, en ese sentido se pueden afirmar que la adición de caucho incrementa el CBR, finalizando que favorece a la resistencia de la subrasante.

Hernández, Mejía y Zelaya (2016) en su tesis titulada *"Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la Universidad del Salvador"*, para examinar las mejoras en la conducta de un suelo arcilloso mediante la adición de cal como agente estabilizador en la subrasante de pavimentos rígidos, llegando a definir que el 5% de cal era adecuado, logrando incrementar el CBR de 1.93% a 54%.

Esta investigación coincide con Hernández, Mejía y Zelaya (2016), puesto que a través de los ensayos de CBR en un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) y A-4 IG (4) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, siendo su CBR 7.10% , obtenido de la muestra' M-01, determinó que al adicionar 3%, 5% y 7% de cal, su CBR se incrementó a 8.70%, 9.90% y 11.50% respectivamente.

En ese sentido comparando resultados, se observa para la adición de cal en diferente dosificación porcentual en determinado tipo de suelo, se obtienen resultados favorables, en el comportamiento de la subrasante, en cambio al agregar o adicionar cal, se mantienen los resultados en el comportamiento de la subrasante respecto al índice de plasticidad, por lo tanto, se define que el caucho a diferencia de la cal, tiene un mejor comportamiento en la sub rasante.

Por tanto, realizando una comparación de resultados del ensayo de CBR entre ambas investigaciones podemos decir los resultados tienen coincidencias, respecto a la adición de la cal mas no en la adición del caucho, sin embargo, poseen resultados con valores distintos, en ese sentido se puede afirmar que la adición de caucho y cal, mejora positivamente la resistencia del suelo.

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIÓN

Se determinó que la adición de caucho y cal en 3%, 5% y 7% de manera independiente, la cal tiene un mejor comportamiento que el caucho en la estabilización de suelos CL(arcilla inorgánica de baja plasticidad) y A-4 IG(4), según la clasificación SUCS y AASHTO, recogido de la Av. Chimpu Ocllo, por consiguiente, se determina que la cal es un aditivo estabilizador económico, sustentable que aumenta las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcillosos para ser usada como sub rasante.

A través de los ensayos realizados en laboratorio a la muestra de suelo M-01 en estado natural, se pudo determinar que el tipo de suelo es arcilloso, debido a las características físicas y mecánicas que posee, se determinó que el suelo analizado por los tamices define que el material que pasa por la malla N°200 es del 66.06%, la cual determina que la muestra de suelo de la calicata M-01 es arcilla, su clasificación mediante el sistema SUCS es (CL) la cual lo define como un suelo arcilloso inorgánico de baja plasticidad, su clasificación mediante el sistema AASHTO es A-4 IG(4) la cual lo define como arcilla limoso, el Limite Liquido (LL) es 21%, el Limite Plástico (LP) es de 14%, por lo tanto el índice de plasticidad (IP) es de 7%, por consiguiente la máxima densidad seca para la muestra M-01 en estado natural es 1.990g/cm³, el óptimo contenido de humedad es de 12.60% en estado natural, por tanto se concluye que se determinó objetivamente las características físicas y mecánicas de la muestra de suelo M-01.

Así mismo, a través del ensayos de Proctor Modificado realizados a la muestra de suelo arcilloso M-01, se pudo determinar el porcentaje optimo al adicionar caucho mas no cal, a la muestra de suelo M-01 en porcentaje de 7% de cal, ya que, con esta combinación se logró mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso estudiado, la máxima densidad seca para la muestra M-01 + 7% de caucho es 2.026g/cm³, el óptimo contenido de humedad es 9.20%, de tal modo, se concluye que la adición de caucho a diferencia de la cal, influye positivamente en el mejoramiento del optimo contenido de humedad del suelo arcilloso para uso como sub rasante.

De acuerdo a los ensayos de CBR realizados a la muestra de suelo arcilloso M-01 el porcentaje optimo al adicionar de caucho a diferencia de la cal, a la muestra de suelo M-01 es 7% de caucho, con esta combinación se pudo determinar que el CBR aumenta hasta en 1.7 veces su valor, siendo el CBR de la muestra en estado natural es de 7.10% considerada como sub rasante regular y con la combinación del 7% de caucho el CBR aumento a 12.10% considerada como una sub rasante buena, se concluye que el caucho a diferencia de la cal, influye positivamente en el mejoramiento de la resistencia del suelo arcillosos para uso como sub rasante.

VII. RECOMENDACIONES

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar investigaciones de estabilización de suelos arcillosos empleando mayores porcentajes de caucho y cal, para conseguir el valor óptimo de CBR, de modo que, esta pueda ser definida como una sub rasante excelente, así mismo para realizar una comparación objetiva de costos se tiene que realizar el análisis de costo unitario (APU), para la obtención de caucho y cal a la cantera más cercana que se encuentra a 2 horas y 30 minutos de la ciudad de Lima.

Se recomienda para realizar los ensayos de granulometría, clasificación de suelos y límites de Atterberg, las muestras de suelo obtenida tienen que ser tratadas con mucho cuidado es necesario registrarlos mediante códigos de modo que facilite su reconcomiendo, para que estos a la hora de la manipulación en laboratorio no genere confusiones y estas no vulneren los resultados.

Se recomienda para el ensayo de Proctor Modificado con adición de caucho y cal, emplear el método A, la cual consiste en emplear molde de 101,6 mm (4pulg) el material empleado tiene que ser tamizado en la malla N°4.75mm donde tiene que pasar 20% o menos del material retenido, 25 golpes por cada capa un total de 5 capas, el agua que se agrega debe ser dispersada en la muestra de modo que este humedezca uniformemente y homogéneo así mismo se recomienda que el ensayo se deber realizar con dos o tres personas de modo que cada uno tenga una función establecida para no generar confusión en el procedimiento de los ensayos.

Se recomienda para el ensayo de CBR la adición de agua no debe de variar más del 2% de la humedad del Proctor Modificado, las lecturas deben ser objetivas y precisas, dentro del tiempo establecido y programado de modo que no se susciten errores técnicos que puedan vulnerar los resultados, los equipos de laboratorio como en campo deberán estar avalados por su certificación de calibración de modo que estas nos puedan otorgan resultados óptimos y objetivos.

REFERENCIAS

1. ALVARADO, Alfredo. El origen de los suelos. Costa Rica: Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. 1985. 7 pp. ISBN: 9977951578.
2. ÁLVAREZ, Luis. y CARRERA, Ever. Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica. 2017. Tesis de pregrado. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Facultad de Ingeniería. Carrera de ingeniería civil. Recuperado de: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3595/1/RE_ING.CIVIL_LUIS.ALVAREZ_EVER.CARRERA_PARTICULAS.DE.CAUCHO_DATOS.PDF
3. Arte y cemento. Revista de la construcción y su entorno N°2020. [En línea]. Madrid: 30 de diciembre 2005. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=h2EEAAAAMBAJ&pg=PT66&dq=caucho+granulado+reciclado+areas+de+aplicacion&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwih4JPggPjkAhVEnKwKHcJ-DPQQ6wEINzAC#v=onepage&q&f=false>. ISSN 0212-8578.
4. BOTÍA, Wilmar. Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo. 2015. Tesis de pregrado. Universidad Militar Nueva Granada, Granada, España. Facultad de Ingeniería. Carrera de ingeniería civil. Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf>.
5. BOWLES, Joseph. 1990, Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. Bogotá: McGraw-Hill.
6. CASTRO, Guillermo, 2008, Materiales Y Compuestos Para La Industria Del neumático. Departamento De Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A.
7. CORREDOR, G. (sf). Experimento vial de la AASHO y las guías de diseño AASHTO. Tesis de postgrado. Universidad nacional de ingeniería, Nicaragua.
8. CRESPO, Carlos. Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. 3ra Ed. México: Limusa, 2004. 102 pp. ISBN: 968-18-48497.

9. DÍAZ, Cesar y CASTRO, Liliana, 2017, Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá. Pregrado. Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería. Carrera de ingeniería. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2633/Diazcesar2017.pdf>.
10. ELIAS, Xavier. Reciclaje de residuos industriales: residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. En su: valoración del granulado de neumáticos usados. 2da Ed. Madrid: Díaz de Santos.es, 2012.1082-1084 pp. ISBN: 9788499693668.
11. ESCOBAR, Gonzalo, 2016, Estructura de suelo y granulometría. Tesis pregrado. Universidad de Colombia.
12. GARCÍA, A. (2017). Subrasante para pavimentos. Recuperado de: <https://documento/365080614/Subrasante-Para-Pavimentos>.
13. GIORDANI, Diego y LEONE, Duque, [sf], Pavimentos [online]. 1. Rosario. [Acceso: 2 Nov 2018]. Disponible en: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_ano/civil1/files/IC%20IPavimentos.pdf.
14. HERRAEZ, Fernando y MORENO, Alberto. Ingeniería de vías agroforestales: Diseño, calculo, construcción, y mantenimientos de caminos. [En línea]. Madrid: Mundi-prensa, 2019. [fecha de consulta: 10 de septiembre del 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=iMCXDwAAQBAJ&pg=PA264&dq=Clasificaci%C3%B3n+de+suelos+seg%C3%BA+++AASHTO&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjQ0fKN8PTkAhUPD60KHc99CjYQ6wEIRTAE#v=onepage&q&f=false>. ISBN: 9788484765448.
15. JUAREZ, Eulalio y RICO, Alfonso. Mecánica de suelos (II) Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. México: Limusa, S.A de C.V, 2004.532 pp. ISBN: 9681801288.
16. LAZO, A. (2011). Clasificación de suelos método AASHTO. Recuperado de: <https://doc/59926125/Clasificacion-de-Suelos-Metodo-AASHTO>.

17. LÓPEZ, Marco, 2017, Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de los suelos arenosos del sector de Pomasqui para cimentaciones superficiales y contrapisos mediante el uso de cemento tipo MH. Tesis pregrado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
18. Medio Ambiente: Calidad ambiental por Pedro Ramos[et al.] [en línea] España: Universidad de Salamanca. 2002.[Fecha de consulta: 11 de octubre del 2019] Capitulo 249: Estrategias de reciclado. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=dDbXfoaHOTcC&pg=PA249&dq=Caucho+Granulado+Reciclado+metodo+de+aplicacion&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjJZ20ivXkAhUL5awKHZpKDJ8Q6wEIKjAA#v=onepage&q=Caucho%20Granulado%20Reciclado%20metodo%20de%20aplicacion&f=false> ISBN: 8478007776.
19. Mecánica de suelo (II) por Adrián Oscar Macías [et al.]. [s. l]: Área de innovación y desarrollo , S.L, 2018. 67 pp. ISBN: 8494857770.
20. MENÉNDEZ, José, 2013, Ingeniería de pavimentos: materiales y variables de diseño. 43. Lima, Perú: ICG.
21. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES .2007. Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras. Aprobado por resolución directoral nº 051-2007- MTC/14. Lima, Perú.
22. MORONE, G. 2012. Métodos y técnicas de la investigación científica. Santiago de surco.
23. NTP 339.134 (1999) - Clasificación SUCS.
24. NUÑEZ, George. Fundamentos de Edafología. Costa Risa: Universidad estatal a distancia. EUNED. [2002?].144 pp. ISBN: 997764148X.
25. LAICA, Juan Gabriel, 2016, “Influencia de la inclusión del polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Técnica de Ambato-Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24440>.
26. RAMÍREZ, Náyade, 2006, Utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco. Tesis de pregrado. Universidad de Chile. Recuperado de: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/ramirez_n/sources/ramirez_n.pdf

27. RICO, Alfonso y DEL CASTILLO, Hermilo. La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles, aeropistas. México D.F: Limusa, 2005. 24 pp. ISBN: 968-18-0054-0.
28. ROJAS, Daniel, 2012, Índice de soporte de calificación. Escuela de ingeniería en construcción. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/277184354/informe-cbr-pdf>.
29. SALVATIERRA, José, 2012, Desarrollo de un aglomerado asfáltico con polvo de caucho, en la ciudad de Huanta-Ayacucho. Pregrado. Universidad San Cristóbal de Huamanga.
30. SÁNCHEZ, María, 2014, Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector calcical del cantón Tosagua provincia de Manabí. Tesis de pregrado. Universidad católica de Ecuador.
31. THOMPSON, Louis y TROEH, Frederik. Los suelos y su fertilidad. 4ta Ed. Barcelona: Reverté 2002. 53 pp. ISBN: 8429110410.

ANEXOS

ANEXO 1

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL AUTOR

Yo **MARTÍNEZ BECERRA, Roberth Alex**, alumno de la Facultad de Ingeniería, de la Escuela Académico profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede lima norte, declaro bajo juramento que

Todos los datos e información que acompañan a la tesis titulada **“Estabilización de la subrasante incorporando caucho y cal, en la Av. Chimpu Oclo, Carabaylo 2020”**, son:

1. De mi autoría.
2. La presente tesis no ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en la presente tesis son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Lima, 10 de julio del 2020.



.....
Martínez Becerra, Roberth Alex

DNI: 71123300

ANEXO 2

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, Mg. Ing. **PINTO BARRANTES Raúl Antonio**, docente de la Facultad de Ingeniería, de la Escuela Académico Profesional de la Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede lima norte, revisor tesis titulada “**Estabilización de la subrasante incorporando caucho y cal, en la Av. Chimpu Ocllo, Carabaylo 2020**”, del alumno **MARTÍNEZ BECERRA, Roberth Alex**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **20%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado filtros, ni exclusiones. He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 10 de julio del 2020.

.....

Firma

PINTO BARRANTES, Raúl Antonio

DNI: 07732471.

ANEXO 03: MATRIZ DE CONSISTENCIA

"ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL EN LA AV. CHIMPU OCLLO CARABAYLLO,2020"						
TITULO		"ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL EN LA AV. CHIMPU OCLLO CARABAYLLO,2020"				
AUTOR		MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE, INDICADOR E INSTRUMENTO			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	V.DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿Cómo influye la incorporación de cal y caucho en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020?	Evaluar cómo influye la cal y el caucho en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.	La cal y caucho influyen en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.	VARIABLE DEPENDIENTE (Y) SUBRASANTE	PLASTICIDAD	LÍMITE LÍQUIDO LÍMITE PLASTICO ÍNDICE DE PLASTICIDAD	ENSAYO LIMITES DE ATTERBERG FICHA TÉCNICA
				COMPACTACIÓN	CLASIFICACIÓN DE SUELO	ENSAYO DE GRANULOMETRÍA FICHA TÉCNICA
					ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD Y MÁXIMA DENSIDAD SECA	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO FICHA TÉCNICA
				RESISTENCIA	CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB RASANTE	ENSAYO CBR FICHA TÉCNICA
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	V. INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿Cómo influye la cal y el caucho en la plasticidad de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020 ?	Determinar la influencia de la cal y el caucho en la plasticidad de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.	La cal y el caucho influyen en la plasticidad de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.	VARIABLE INDEPENDIENTE (X1) CAL	DOSIFICACIÓN	S + 3% CAL	BALANZA DE MEDICIÓN DE PESO
					S + 5% CAL	
					S + 7% CAL	
¿Cómo influye la cal y el caucho en la compactación de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020?	Determinar la influencia de la cal y caucho en la compactación de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.	La cal y el caucho influyen en la compactación de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.	VARIABLE INDEPENDIENTE (X2) CAUCHO	DOSIFICACIÓN	S + 3% CAUCHO	
					S + 5% CAUCHO	
¿Cómo influye la cal y el caucho en la resistencia de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020?	Determinar la influencia de la cal y la caucho en la resistencia de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.	La cal y el caucho influyen en la resistencia de la subrasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.	VARIABLE INDEPENDIENTE (X2) CAUCHO	DOSIFICACIÓN	S + 7% CAUCHO	
¿Cómo influye la dosificación de cal y caucho en las propiedades sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020?	Determinar la influencia de la dosificación de cal y caucho en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.	La dosificación de cal y caucho influyen en las propiedades de la sub rasante en la Av. Chimpu Ocllo, Carabayllo 2020.			VARIABLE INDEPENDIENTE (X2) CAUCHO	DOSIFICACIÓN

ANEXO 04: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

"ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA AV. CHIMPU OCLLO CARABAYLLO 2020"					
VARIABLES	DEFINICION	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL			
VARIABLE INDEPENDIENTE (X1) CAL	Según la Publicación de la Nacional Lime Association; la cal, sola o en combinación con otros materiales, puede ser utilizada para tratar una gama de tipos de suelos. Las propiedades mineralógicas de los suelos determinarán su grado de reactividad con la cal y la resistencia final que las capas estabilizadas desarrollarán. (2002, p.7)	La variable independiente que es la cal tiene una dimensión, tres indicadores y un instrumento con la que será medido	DOSIFICACIÓN	S + 3% CAL	Razón
				S + 5% CAL	
				S + 7% CAL	
VARIABLE INDEPENDIENTE (X2) CAUCHO	Proviene de la trituración mecánica de los NCFU que se hace mediante un sistema de maquinaria especializado. Este se encarga de separar todos los componentes de los Neumáticos, dejando los textiles, el acero y el caucho agrupados de forma independiente, de modo que resulta un "Polvo y granulado de caucho" 99% libre de impurezas.(Revista GENEU-2017)	La variable independiente que es el caucho tiene una dimensión, tres indicadores y un instrumento con la que será medido	DOSIFICACIÓN	S + 3% CAUCHO	Razón
				S + 5% CAUCHO	
				S + 7% CAUCHO	
VARIABLE DEPENDIENTE (Y) SUB RASANTE	Según el MTC la subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito.(2013, p. 23.)	La variable dependiente tiene 3 dimensión y 6 indicadores los cuales tiene un instrumento con la que serán medidos	PLASTICIDAD	LIMITE LIQUIDO	Razón
				LIMITE PLASTICO	
				INDICE DE PLASTICIDAD	
			COMPACTACIÓN	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Razón
				ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD Y MÁXIMA DENSIDAD SECA	Razón
				RESISTENCIA	CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

ANEXO 05: INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: _____

Institución donde labora : _____

Especialidad : _____

Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.

Autor (s) del instrumento (s): Martínez Becerra, Roberth Alex

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE					
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE					
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, ____ de _____ de 2020

ANEXO 06: PRESENTACIONES DEL CAUCHO

Comportamiento de presentaciones del caucho en diferentes tipos de suelo

TEMA DE INVESTIGACIÓN	TIPO DE ESTABILIZADOR		DOSIFICACIONES	TIPO DE SUELO		CBR NATURAL	CBR TRATADO
Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes	Caucho Granulado	2mm-6mm	3%	GC	Grava arcillosa	55.63%	16.50%
			5%				13.91%
			7%				8.80%
Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos	Caucho Granulado	2mm a menos	1%	CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	3.22%	5.92%
			3%				6.82%
			5%				6.67%
			7%				5.10%
Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento	Caucho Granulado	12.7mm a menos	20%	OH y OL	Suelos orgánicos de alta y baja plasticidad	7.10%	10.00%
			40%				30.40%
			60%				41.00%
Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica	Caucho EN POLVO	12.7mm a 0.075mm	2%	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad	3.20%	5.00%
			3%				8.70%
			4%				9.40%
Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base	Caucho Reciclado	No específica	3%	GC	Grava arcillosa	25.00%	18.40%
			6%				12.10%
			9%				10.20%

Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado	Caucho Granulado	1mm-4mm	5%	GC	Grava arcillosa	56.86%	8.15%
			10%				5.87%
			15%				5.15%
	Caucho Triturado	19.05mm a menos	2%	CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	3.00%	4.06%
			5%				4.61%
			10%				6.48%
			15%			4.83%	
Effect of Addition of Waste Tyre Crumb Rubber on Weak Soil Stabilisation	Caucho EN POLVO	0.425mm-0.600mm	5%	CH (97% de suelo de grano fino)	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	3.10%	5.20%
			10%				8.10%
			15%				5.60%
				20%			4.30%
	Caucho EN POLVO	0.425mm-0.600mm	5%	CH (94% de suelo de grano fino)	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	2.70%	3.40%
			10%				6.20%
15%			5.60%				
			20%			4.30%	
Stabilization of Subgrade soil of Highway Pavement using Waste Tyre Pieces	Caucho Granulado	20mm-25mm	2.5%	SC (Condición sin remojar)	Arena arcillosa	6.96%	8.14%
			5.0%				8.59%
			7.5%				7.95%
	Caucho Granulado	20mm-25mm	2.5%	SC (Condición remojada)	Arena arcillosa	3.51%	3.85%
			5.0%				4.04%
			7.5%				3.79%
Experimental Investigation on Soil Stabilisation Using Rubber Crumbs on Expansive Soil	Caucho EN POLVO + 3% de cal	No específica	5%	Suelo expansivo		2.50%	4.90%
			10%				5.00%
			15%				5.20%

Tabla 26: Ranking de costos entre el caucho en polvo y estabilizadores comunes incorporados en la subrasante.

RANKING DE COSTOS DE LOS ESTABILIZADORES EMPLEADOS EN LA SUBRASANTE								
TIPO DE ESTABILIZADOR	PRESENTACIÓN	Unidad de medida en kg	Metrado	COSTO	Precio Unitario	DOSIFICACIÓN MTC	COMPARACIÓN CON EL CAUCHO EN POLVO	
							METRADO PATRON DE CAUCHO EN POLVO	COSTO COMPARATIVO
Cemento SOL Tipo I	Bolsa	Kg	42.5	S/. 22.30	0.52x kg	2-12% suelos A-123	20 kg	S/. 10.40
Cal HADES AASHTO M-216 ASTM C-977	Bolsa	Kg	20	S/. 23.30	0.70x kg	2-8% en suelos arcillosos	20 kg	S/. 14.00
Cloruro de calcio	Bolsa	Kg	25	S/. 58.87	2.35x kg	1 a 3% en peso del suelo seco	20 kg	S/. 47.00
Cloruro de Sodio UHP	Bolsa	Kg	25	\$51	2.04x kg	50-80 kg/m3	20 kg	\$40.80
CAUCHO GRANULAR	Bolsa	Kg	30	S/. 30.00	1.00x kg	A PEDIDO	20 kg	S/. 20.00

ANEXO 07: PANTALLAZO TURNITIN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Estabilización de la subrasante incorporando caucho y cal, en la Av. Chimpu Oclo, Carabaylo, 2020"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
Martínez Becerra, Roberth Alex <https://orcid.org/0000-0001-9989-7855>

ASESOR:
Mg. Ing. Raúl Antonio Pinto Barrantes <https://orcid.org/0000-0002-9573-0182>

Resumen de coincidencias X

16 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

16

Coincidencias

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 % >
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2 % >
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	1 % >
4	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	1 % >
5	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 % >
6	Entregado a Universida...	1 % >

ANEXO 08: ENSAYOS DE CAUCHO Y CAL



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2699

TESTISTA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422

CALCATA : C - 01
MUESTRA : M - 01 / NATURAL

Mallas A.S.T.M	GRANO - No. 4				
	PERO TOTAL DE LA MUESTRA			% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
	Lit Tareja En m.c	Retenido en g	% Parcial Retenido		
			0.0	0.0	100.00
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.00
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.00
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.00
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.00
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.00
No. 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.00

Mallas A.S.T.M	GRANO - No. 4				
	PERO TOTAL DE LA MUESTRA			% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
	Lit Tareja En m.c	Retenido en g	% Parcial Retenido		
No. 4	4.75				
10	2.000	5.0	0.5	0.5	99.48
20	0.840	9.5	0.9	1.4	98.60
40	0.420	33.3	3.0	4.4	95.57
60	0.250	73.1	6.6	11.1	88.89
100	0.177	147.5	13.4	24.6	75.32
140	0.149	63.5	5.6	30.3	69.75
200	0.074	40.5	3.7	33.9	66.06
F		728.7	95.1	100.0	0.00

W1 = Peso total de la muestra
W2 = Peso de la Fracción Pasada del No. 4
W3 = Peso Total de la Muestra Pasada del No. 4

% DE HUMEDAD ASTM D2216	41.10
% DE GRAVA	0.00
% DE ARENA	33.90
% DE FINOS	66.00

CURVA GRANULOMÉTRICA



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		LL 21	LP 14	IP 7
Clasif.	SUCS	CL	AMBIENTE DE TRABAJO Y ANÁLISIS (E)	

HECHO POR : Tec. 

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 66428

LIMA: Calle Las Magnolias N°. 1111, P° 3 - Urb. Los Jazmines de Miraflores - S.M.U. • Tel.: (01) 485-6702 / Cel.: 988 339 871 / 985 834 720
 BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 071 139 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 032 • Cel.: 985 034 720
 JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
 E-mail: idra@wrcingeosac.com



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHIMPU OYLO, CARABAYLLO, 2020
TESTISTAS : MARTINEZ BECERRA, ROBERTO ALEX

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422

CÁLCULATA : C - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.
MUESTRA : M - 01 / 3% CAUCHO

WT =		GRANO = No. 4						WT =		GRANO = No. 4					
095.5 g		PESO TOTAL DE LA MUESTRA						095.5 g		PESO TOTAL DE LA MUESTRA					
Mallas A.S.T.M	Luz Tamiz En m.m	OFM		% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa	Luz Tamiz En m.m	OFM	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa	Mallas A.S.T.M	Luz Tamiz En m.m	OFM		% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
		Retenido en g	% Parcial Retenido									Retenido en g	% Parcial Retenido		
				0.0	0.0	100.00				No. 4	4.75				
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.00	10	2.000	0.1	1.0	10	2.000	0.1	1.0	99.01	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.00	20	0.840	4.4	0.7	20	0.840	4.4	0.7	94.55	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.00	40	0.420	11.8	1.9	40	0.420	11.8	1.9	86.38	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.00	60	0.250	44.2	7.2	60	0.250	44.2	7.2	88.22	
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.00	100	0.177	99.5	16.1	100	0.177	99.5	16.1	73.09	
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.00	140	0.149	44.1	7.1	140	0.149	44.1	7.1	85.94	
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.00	200	0.074	22.9	3.7	200	0.074	22.9	3.7	62.22	
No. 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.00	75		303.8	92.2	75		303.8	92.2	0.00	

w = Peso total de la muestra
w1 = Peso de la Fracción Pasante del No. 4
w2 = Peso Total de la Muestra Pasante del No. 4

% DE HUMEDAD ASTM D2216	30.60
% DE GRAVA	0.00
% DE ARENA	37.79
% DE FINOS	62.22



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	LL 20	LP 14	P 6
Clasif.	UCS	CL - ML	AASHTO A-1 IG (S)



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE SAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 60428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL EN LA
AV. CHEMPU COLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTAS : MARTINEZ BUCERRA, ROBERTH ALEX

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422

CALICATA : C - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m
MUESTRA : M - 01 / 5% CAUCHO

W1 = 622.0 g		W2 = 622.0 g			
GRANO - No. 4		GRANO - No. 4			
Mallas A.S.T.M	PESO TOTAL DE LA MUESTRA			% Acumulado Referido	% Acumulado Que pasa
	Las Tazas En sus	Retenido en g	% Parcial Retenido		
			3.8	0.0	100.00
3"	78.200	0.0	0.0	0.0	100.00
2 1/2"	65.950	0.0	0.0	0.0	100.00
2"	50.900	0.0	0.0	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.00
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.00
3/8"	9.800	0.0	0.0	0.0	100.00
No. 4	4.700	0.0	0.0	0.0	100.00

Mallas A.S.T.M	PESO TOTAL DE LA MUESTRA			% Acumulado Referido	% Acumulado Que pasa
	Las Tazas En sus	Retenido en g	% Parcial Retenido		
No. 4	4.70				
10	2.000	13.8	1.6	1.6	98.39
20	0.840	7.0	1.1	2.7	97.27
40	0.400	15.7	2.5	5.3	94.74
60	0.290	43.3	6.9	12.2	87.80
100	0.177	102.3	16.4	28.6	71.38
140	0.140	44.5	7.2	35.8	64.20
200	0.074	24.6	4.0	39.8	60.19
F		374.4	60.2	100.0	0.00

% DE HERRIZO ASTM D2216	34.80
% DE GRAVA	0.00
% DE ARENA	39.61
% DE FINOS	60.19

w1 = Peso total de la muestra
w2 = Peso de la Fracción Pasada del No. 4
w3 = Peso Total de la Muestra Pasada del No. 4



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		LL 19	LP 15	IP 4
Clasif.	SUCS	CL - ML	AASHTO	A-4
				IG(5)



JORGE ZARATE CASTILLO
ING. CIVIL - CP 60428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTAS : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

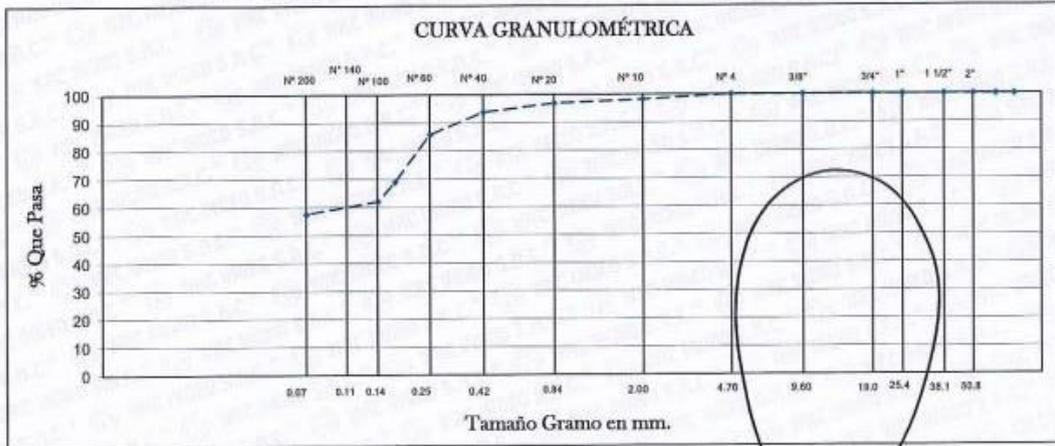
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422

CALICATA : C - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.
MUESTRA : M - 01 / 7% CAUCHO

wO =		GRANO > No. 4					w1 =		GRANO < No. 4				
617.2 g		PESO TOTAL DE LA MUESTRA GRM					617.2 g		PESO TOTAL DE LA MUESTRA GRM				
Mallas A.S.T.M	Luz Tamiz En m.m	Retenido en g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa	Mallas A.S.T.M	Luz Tamiz En m.m	Retenido en g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa		
			0.0	0.0	100.00	No. 4	4.76						
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.00	10	2.000	11.1	1.8	1.8	98.20		
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.00	20	0.840	8.0	1.3	3.1	96.91		
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.00	40	0.420	19.2	3.1	6.2	93.79		
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.00	60	0.250	49.2	8.0	14.2	85.82		
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.00	100	0.177	104.4	16.9	31.1	68.91		
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.00	140	0.149	43.2	7.0	38.1	61.91		
3/8"	9.600	0.0	0.0	0.0	100.00	200	0.074	26.9	4.4	42.4	57.55		
No. 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.00	F		355.2	57.6	100.0	0.00		

wO = Peso total de la muestra
w1 = Peso de la Fraccion Pasante del No. 4
w2 = Peso Total de la Muestra Pasante del No. 4

% DE HUMEDAD ASTM D2216	31.10
% DE GRAVA	0.00
% DE ARENA	42.45
% DE FINOS	57.55



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	LL 18	LP 15	IP 3
Clasif.	SUCS	ML	AASHTO A-4



HECHO POR: J. Jimi Cerquera

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 08828

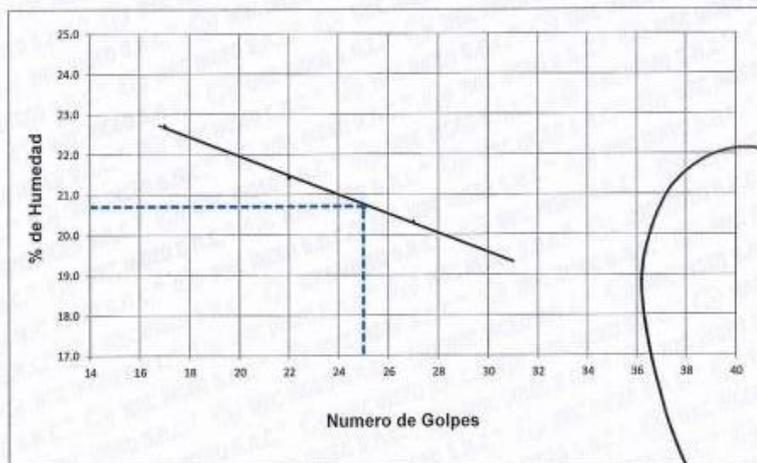


TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

CALCULO DE LIMITE CON TRES PUNTOS ASTM D 4318

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / NATURAL

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	17	22	27	4	5
Numero de Golpes	17	22	27		
Numero de Tarro	3	15	4	4	5
Peso humedo + Tarro (g)	56.40	58.80	58.20	17.50	16.70
Peso seco + Tarro (g)	47.50	50.00	48.30	15.40	15.80
Peso de Tarro (g)	8.30	8.90	9.40	8.50	9.30
Peso de agua (g)	8.90	8.80	7.90	1.10	0.90
Peso de suelo seco (g)	39.20	41.10	38.90	7.90	6.50
% de Humedad	22.7	21.4	20.3	13.9	13.9
	LL = 21			LP = 14	
				IP = 7	



Realizado por : Tec. Jimi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

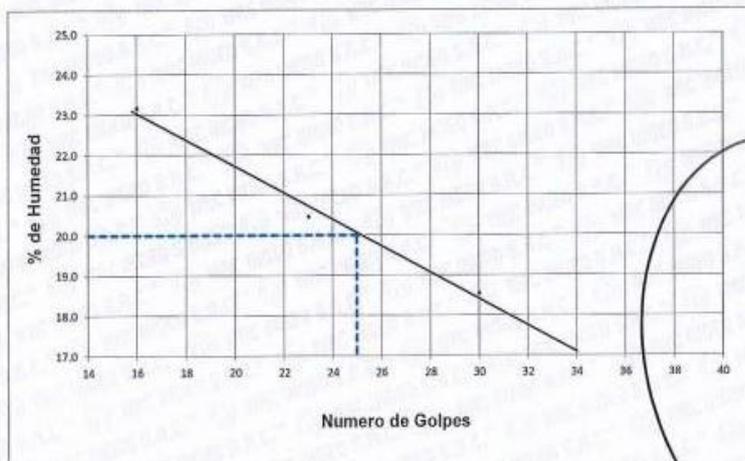


TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

CALCULO DE LIMITE CON TRES PUNTOS ASTM D 4318

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 3% CAUCHO

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	16	23	30	4	5
Numero de Golpes					
Numero de Tarro	1	2	5	4	5
Peso humedo + Tarro (g)	55.10	56.30	54.80	17.10	16.50
Peso seco + Tarro (g)	46.30	48.25	47.70	16.10	15.60
Peso de Tarro (g)	8.30	8.90	9.40	8.50	9.30
Peso de agua (g)	8.80	8.05	7.10	1.00	0.90
Peso de suelo seco (g)	38.00	39.35	38.30	7.60	6.30
% de Humedad	23.2	20.5	18.5	13.2	14.3
	LL = 20			LP = 6	



Realizado por

Tec. Jhmi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 58428

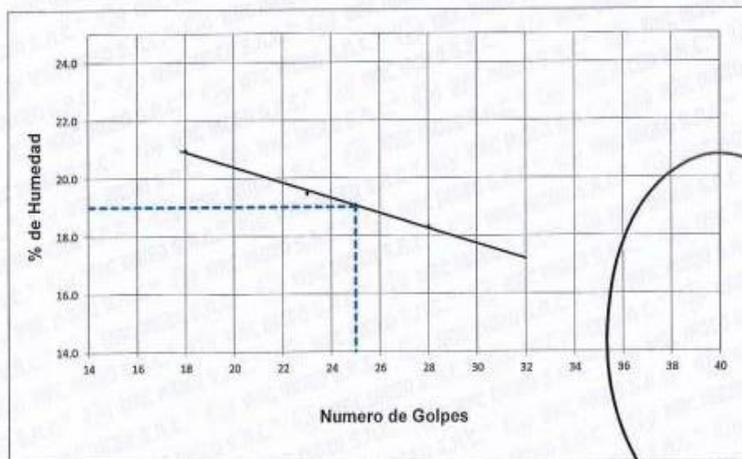


TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

CALCULO DE LIMITE CON TRES PUNTOS ASTM D 4318

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 5% CAUCHO

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	18	23	28	4	5
Numero de Golpes	18	23	28		
Numero de Tarro	3	15	4	4	5
Peso humedo + Tarro (g)	56.20	58.60	55.90	17.60	16.80
Peso seco + Tarro (g)	47.90	50.50	48.70	16.45	15.80
Peso de Tarro (g)	8.30	8.90	9.40	8.50	9.30
Peso de agua (g)	8.30	8.10	7.20	1.15	1.00
Peso de suelo seco (g)	39.60	41.60	39.30	7.95	6.50
% de Humedad	21.0	19.5	18.3	14.5	15.4
	LL = 19		LP = 15	IP = 4	



Realizado por : Tec. Jimi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C
JORGE ZAVATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

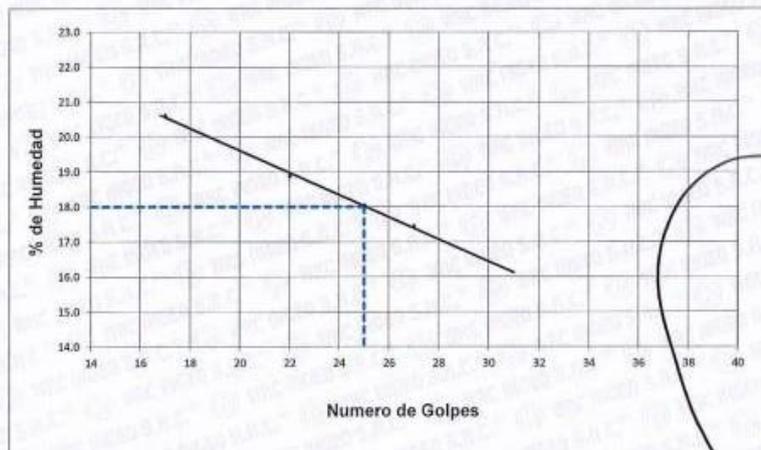


TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

CALCULO DE LIMITE CON TRES PUNTOS - ASTM D 4318

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 7% CAUCHO

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	17	22	27	4	5
Numero de Golpes	17	22	27		
Numero de Tarro	3	15	4	4	5
Peso humedo + Tarro (g)	56.00	57.10	55.20	17.60	16.80
Peso seco + Tarro (g)	47.85	49.45	48.40	16.45	15.82
Peso de Tarro (g)	8.30	8.90	9.40	8.50	9.30
Peso de agua (g)	8.15	7.65	6.80	1.15	0.98
Peso de suelo seco (g)	39.55	40.55	39.00	7.95	6.52
% de Humedad	20.6	18.9	17.4	14.5	15.0
	LL = 18			LP = 3	



Realizado por : Tcc. Jimi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68426



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

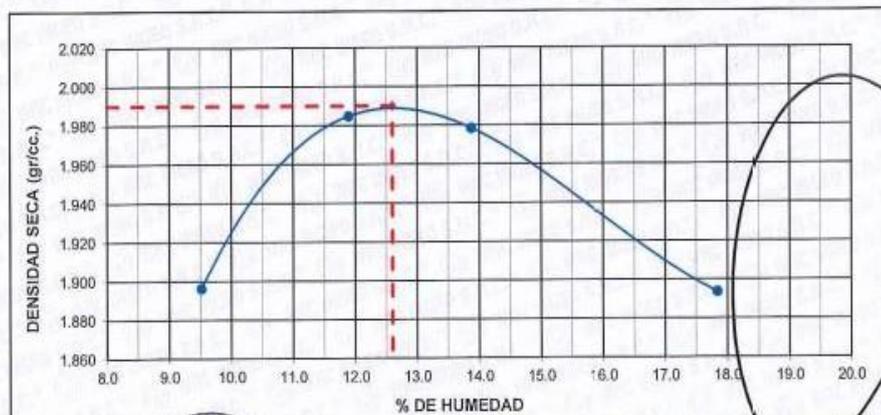
CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / NATURAL

ENSAYO DE COMPACTACION

VOLUMEN DEL MOLDE :	937 cm ³	PESO DEL MOLDE :				3269 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		5215	5360	5380	5360	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		1946	2081	2111	2091	
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)		2.08	2.22	2.25	2.23	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.896	1.985	1.978	1.894	

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

TARRO N°.		1	2	3	4	
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)		321.20	354.00	329.00	246.20	
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)		305.40	327.00	301.10	230.00	
PESO DE AGUA (g)		15.80	27.00	27.90	16.20	
PESO DEL TARRO (g)		139.4	100.0	100.0	139.2	
PESO DE SUELO SECO (g)		166.00	227.00	201.10	90.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		9.5	11.9	13.9	17.8	
DENSIDAD MAXIMA SECA		1.990 g/cm ³		HUMEDAD OPTIMA		12.60 %



Hecho Por : Tony C. Gutiérrez Abanto



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 108428



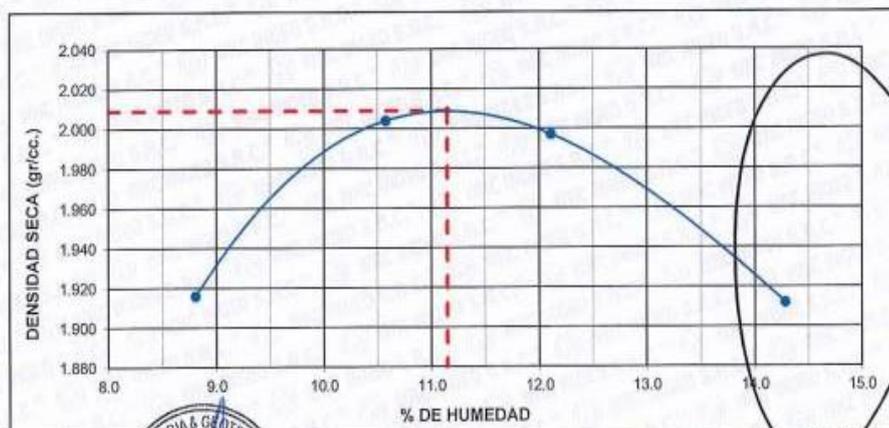
TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 3% CAUCHO

ENSAYO DE COMPACTACION				
VOLUMEN DEL MOLDE :	937 cm ³	PESO DEL MOLDE :		3269 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		5222	5345	5367
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		1953	2076	2098
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)		2.08	2.22	2.24
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.916	2.004	1.997

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
TARRO N°.		1	2	3
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)		310.00	330.00	350.00
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)		293.00	308.00	323.00
PESO DE AGUA (g)		17.00	22.00	27.00
PESO DEL TARRO (g)		100.0	100.0	100.0
PESO DE SUELO SECO (g)		193.00	208.00	223.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		8.8	10.6	12.1
DENSIDAD MAXIMA SECA		2.009 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA	
			11.15 %	



Hecho Por : Tecnico Tony C. Gutiérrez Abanto



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



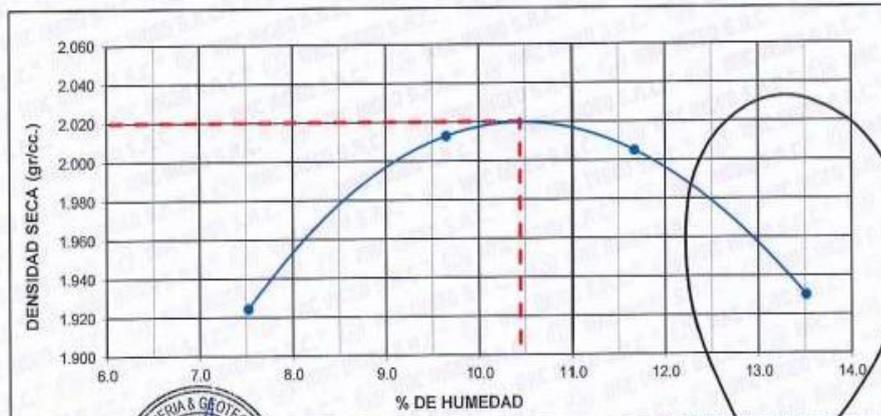
TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 5% CAUCHO

ENSAYO DE COMPACTACION				
VOLUMEN DEL MOLDE :	937 cm ³	PESO DEL MOLDE :		3269 g
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)	5208	5337	5367	5322
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)	1939	2068	2098	2053
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.07	2.21	2.24	2.19
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.925	2.013	2.005	1.930

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
TARRO N°.	1	2	3	4
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	300.00	350.00	320.00	310.00
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	286.00	328.00	297.00	285.00
PESO DE AGUA (g)	14.00	22.00	23.00	25.00
PESO DEL TARRO (g)	100.0	100.0	100.0	100.0
PESO DE SUELO SECO (g)	186.00	228.00	197.00	185.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.5	9.6	11.7	13.5
DENSIDAD MAXIMA SECA	2.020 g/cm ³		HUMEDAD OPTIMA	
			10.45 %	



Hecho Por : Tecn. Tony C. Gutiérrez Abanto



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL CIP 68428



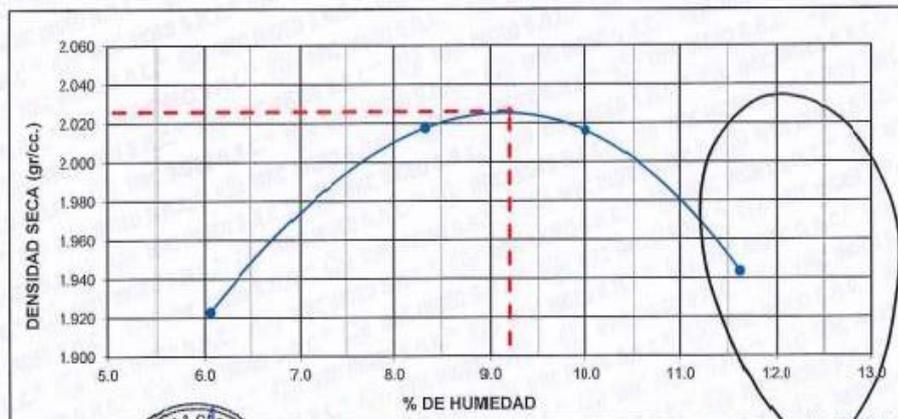
TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHIMPU OCLLO CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 7% CAJCHO

ENSAYO DE COMPACTACION					
VOLUMEN DEL MOLDE :	937 cm ³	PESO DEL MOLDE :			3269 g
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)	5180	5317	5347	5302	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)	1911	2048	2078	2033	
DENSIDAD HUMEDA [g/cm ³]	2.04	2.19	2.22	2.17	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.923	2.018	2.016	1.944	

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
TARRO N°.	1	2	3	4
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	310.00	360.00	320.00	340.00
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	298.00	340.00	300.00	315.00
PESO DE AGUA (g)	12.00	20.00	20.00	25.00
PESO DEL TARRO (g)	100.0	100.0	100.0	100.0
PESO DE SUELO SECO (g)	198.00	240.00	200.00	215.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.1	8.3	10.0	11.6
DENSIDAD MAXIMA SECA	2.026 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		9.20 %



Hecho Por : Jony C. Gutiérrez Abanto



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 66428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHIMPU DOLLO, GARABAYLLO, 2820
TESTISTAS : MARTINEZ BOCERRA, ROBERTH ALEX

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422

CALCATA : C - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m
MUESTRA : M - 01 / 3% CAL

w = 480.5 g		w ₁ = 453.5 g			
Mallas A.S.T.M	GRANO = No. 4			% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
	PESO TOTAL DE LA MUESTRA				
	UO Tamiz En m.m	Retenido en g	% Parcial Retenido		
			0.0	0.0	100.00
3"	75.200	0.0	0.0	0.0	100.00
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.00
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.00
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.00
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.00
No. 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.00

Mallas A.S.T.M	GRANO = No. 4			% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
	PESO TOTAL DE LA MUESTRA				
	Lic Tamiz En m.m	Retenido en g	% Parcial Retenido		
No. 4	4.70				
10	2.000	1.9	0.4	0.4	99.58
20	0.940	3.8	0.8	1.2	98.73
40	0.450	19.8	2.4	3.7	96.34
60	0.250	23.7	5.3	9.0	91.00
100	0.177	66.3	13.4	22.3	77.69
140	0.140	28.8	6.7	29.1	71.94
200	0.074	17.2	3.8	31.9	68.12
7		300.9	68.1	100.0	0.00

w = Peso total de la muestra
w₁ = Peso de la fracción Presente del No. 4
w₂ = Peso Total de la Muestra Presente del No. 4

% DE HUMEDAD ASTM D2216	25.70
% DE ORINA	0.00
% DE ARENA	21.88
% DE FINO	68.12



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318				LL 22	LP 13	IP 9
Clasif. A	SUCS	CL	AASHTO	A-4	IG(7)	

HECHO POR : Tec. Jini Caezeta



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CDMC



TITULO : ESTABLECIMIENTO DE LA SUBGRANITE INCORPORANDO SAHÚO Y CAL, DE LA
AV. OSMPU OJLLO, CARABAYLLO, 2020
TESITIAS : MARTINEZ DE CEREA, ROBERTH ALEX

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422

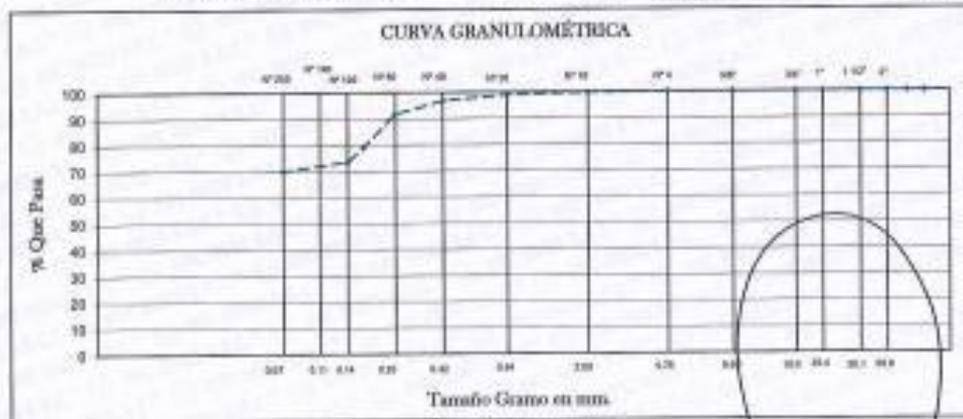
CALICATA : C - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.
MUESTRA : M - 01 / 5% CAL

w ₀ = 521.8 g		w ₁ = 521.8 g		
GRANOS > No. 4		GRANOS > No. 4		
Mallas A.S.T.M	PESO TOTAL DE LA MUESTRA		% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
	Luz Tamiz En mm	Retenido en g		
			0.0	100.00
3"	78.200	0.0	0.0	100.00
2 1/2"	65.500	0.0	0.0	100.00
2"	56.000	0.0	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.00
1"	28.400	0.0	0.0	100.00
3/4"	16.000	0.0	0.0	100.00
3/8"	9.800	0.0	0.0	100.00
No. 4	4.700	0.0	0.0	100.00

Mallas A.S.T.M	PESO TOTAL DE LA MUESTRA		% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
	Luz Tamiz En mm	Retenido en g		
No. 4	4.70			
10	2.000	1.5	0.3	99.7
20	0.840	3.7	0.7	99.3
40	0.400	11.8	2.2	97.8
60	0.200	28.8	5.1	94.9
100	0.177	68.7	12.8	87.2
140	0.149	28.4	5.4	94.6
200	0.074	18.7	3.6	96.4
F		354.7	68.0	32.0

w₀ = Peso total de la muestra
w₁ = Peso de la Fracción Pasada del No. 4
w₂ = Peso Total de la Muestra Pasada del No. 4

% DE HUMEDAD ASTM D2216	25.90
% DE GRAVA	0.00
% DE ARENA	30.11
% DE FINOS	69.89



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318				LL 21	LP 13	U 8
Clasif.	SUCS	CL	AASHTO	A-4	(G 7)	

HECHO POR : Tec. Jini Carquina



JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - 195420



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 3920
TESTEAS : MARTINEZ BEDERRA, ROBERTH ALEX

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422

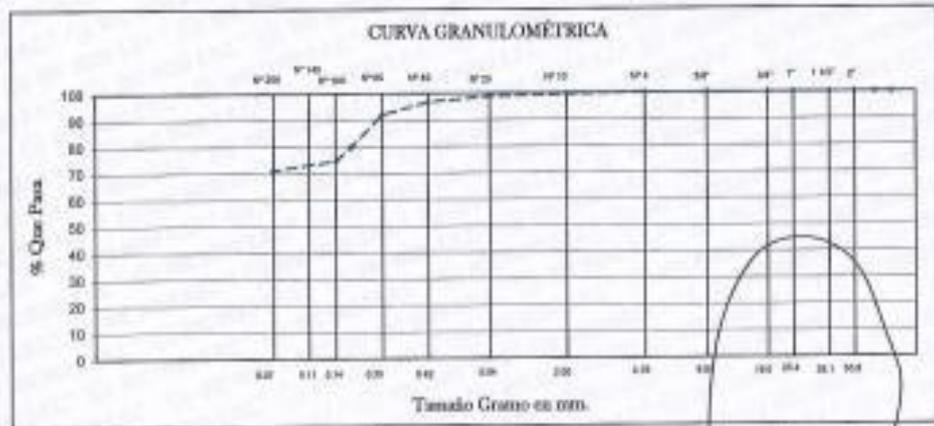
CALICATA : C - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.
MUESTRA : M - 01 7% CAL

W1 =		382.1 g		
W2 =		382.1 g		
GRANO - No. 4				
PESO TOTAL DE LA MUESTRA				
Mallas A.S.T.M	GRM		% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
	Luz Tamiz En mm	Retenido en g		
			0.0	100.00
3"	76.200	0.0	0.0	100.00
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.00
2"	50.800	0.0	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.00
1"	25.400	0.0	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.00
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.00
No. 4	4.750	0.0	0.0	100.00

GRANO - No. 4				
PESO TOTAL DE LA MUESTRA				
Mallas A.S.T.M	GRM		% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
	Luz Tamiz En mm	Retenido en g		
No. 4	4.75			
10	2.000	3.0	0.5	99.50
20	0.840	3.0	0.6	99.40
40	0.420	13.0	2.3	97.70
60	0.250	28.1	4.7	95.30
100	0.177	73.1	12.2	79.80
140	0.149	31.3	5.2	74.58
200	0.074	29.9	3.5	71.09
F		405.9	71.1	100.00

w1 = Peso total de la muestra
w2 = Peso de la Fracción Pasada del No. 4
w3 = Peso Total de la Muestra Pasada del No. 4

% DE HUMEDAD ASTM D2216	24.40
% DE GRASA	0.00
% DE ARENA	28.91
% DE FINOS	71.09



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 LL 20 LP 13 P 7

Clasif. SUCS CL AASHTO A-4 IG (7)

HECHO POR : Tec. Jirni Carqueza



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE APAYA CASTILLO
ING. CIVIL N° 09420



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU DCU, LO, CARRANVILLE, 2022
TESISTA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

CALCULO DE LIMITE CON TRES PUNTO A60M D.4019

CALCATA : 01
MUESTRA : 01 / 2% CAL

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	18	22	28	4	5
Numero de Golpes	3	15	4		
Numero de Terc				4	5
Peso humedo + Terc (g)	34.54	35.30	35.00	15.90	15.40
Peso seco + Terc (g)	30.54	30.40	31.00	14.35	14.70
Peso de Terc (g)	8.30	8.90	9.48	5.50	5.28
Peso de agua (g)	5.00	4.80	4.68	0.75	0.78
Peso de agua seco (g)	21.20	21.50	21.80	5.85	6.40
% de Humedad	23.8	22.5	21.3	12.0	13.0
	LL = 22			LP = 13	
				IP = 9	



Elaborado por : Tec. Axel Casero



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - C. 185428

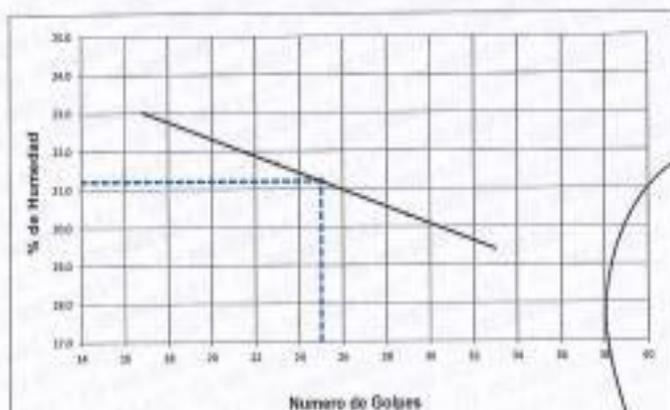


TÍTULO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU DELLO, CARABAYLLO, 2000
TOMISTA : MARTÍNEZ RECERRA, ROBERTH ALEX

CALCULO DE LIMITE CON TRES PUNTOS ASTM D 4318

CALCULO : 01
MUESTRA : 01 / 0% CAL

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	17	23	29	4	8
Numero de Golpes	17	23	29		
Numero de Tercios	3	15	4	4	8
Peso húmedo + Tercio (g)	37.20	37.90	37.68	15.60	15.60
Peso seco + Tercio (g)	31.80	32.90	30.78	14.75	14.25
Peso de Tercio (g)	5.40	5.00	6.90	0.85	1.35
Peso de agua (g)	5.40	5.00	4.74	0.85	1.35
Peso de suelo seco (g)	23.58	23.10	23.36	6.25	6.05
% de Humedad	23.0	21.7	20.3	13.1	12.9
	LL = 21			LP = 3	



Realizado por

Tec. Jairo Crespo



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
Nº 17410 - 00000000

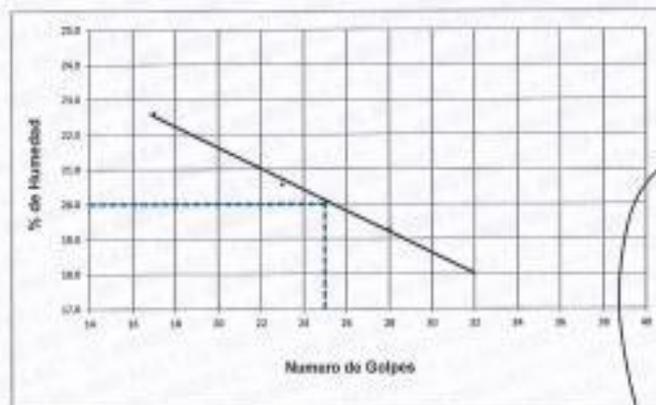


TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIBPU OJLLO, CARABAYLLO, 2023
TECNETA : MARTINEZ BOCARNA, ROBERTO ALEX

CALCULO DEL LIMITE CON TRES PUNTOS - ASTM D-4318

CALCATA : 81
MUESTRA : 81 / 1% CA.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	17	25	29	4	5
Numero de Golpes	17	25	29		
Numero de Tazo	3	15	4	4	5
Peso tarro + Tazo (g)	40.06	40.50	40.28	12.80	12.58
Peso seco + Tazo (g)	34.18	35.11	35.22	12.40	12.13
Peso de Tazo (g)	8.30	8.90	9.40	8.50	8.30
Peso de agua (g)	5.84	6.36	4.84	0.50	0.37
Peso de suelo seco (g)	25.68	26.21	25.60	3.90	2.83
% de Humedad	22.6	20.6	19.3	12.9	12.9
	LL = 28			LP = 7	



Realizado por : Tcn. Joel Delgado



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
Nº: C-100000000-0000000000



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHIMPU OCOLLO, CARABAYLLO, 2020
TIPO : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

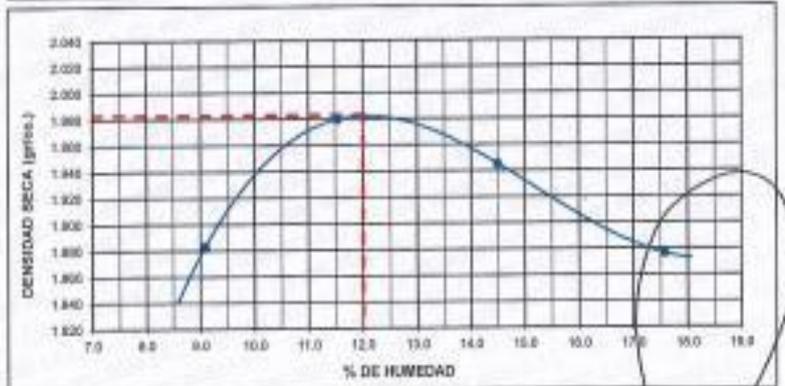
CALCATA : 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.
MUESTRA : 01 / 3% CAL

ENSAYO DE COMPACTACION

VOLUMEN DEL MOLDE :	942 cm ³	PESO DEL MOLDE :				4212 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		8147	8290	8312	8250	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		1934	2080	2098	2038	
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)		2.05	2.21	2.23	2.21	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.683	1.888	1.945	1.876	

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

TARRO N°.	1	2	3	4	
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	251.00	278.80	282.00	300.00	
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	243.00	268.80	272.00	284.00	
PESO DE AGUA (g)	8.00	12.00	20.00	20.00	
PESO DEL TARRO (g)	155.3	182.0	154.0	158.0	
PESO DE SUELO SECO (g)	80.00	94.80	128.00	165.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.89	11.54	14.48	17.88	
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.883 g/cm ³		HUMEDAD OPTIMA		12.88 %



Hecho Por : Téc. Martín Correa



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL N° 23 68403



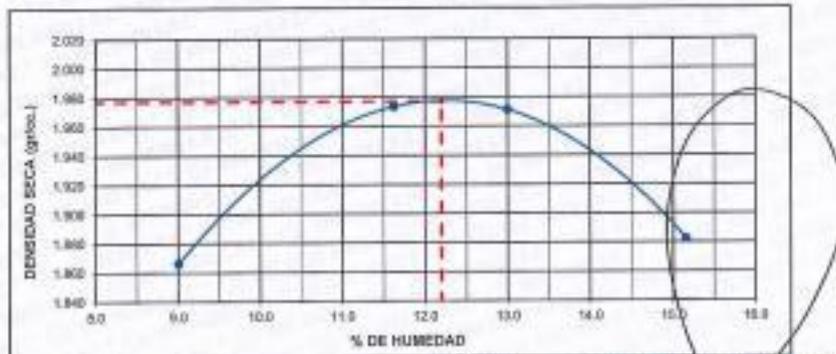
TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TERCETA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 5% CAL

ENSAYO DE COMPACTACION					
VOLUMEN DEL MOLDE :	997 cm ³	PESO DEL MOLDE :			3009 g
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)	5175	5703	6066	5300	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)	1908	2064	2087	2931	
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.03	2.06	2.23	2.97	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.866	1.973	1.971	1.883	

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
TARRO N°	1	2	3	4	
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	380.00	366.00	348.00	320.00	
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	332.00	336.30	320.38	296.30	
PESO DE AGUA (g)	17.48	27.70	28.05	23.80	
PESO DEL TARRO (g)	136.4	190.0	190.0	128.2	
PESO DE SUELO SECO (g)	193.20	236.30	220.38	197.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.0	11.6	13.0	15.2	
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.977 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		12.20 %	



Hecho Por : Téo. Jony C. Gutiérrez Abanto



WRC INGENIO S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
INGENIERO CIVIL - CP 10025



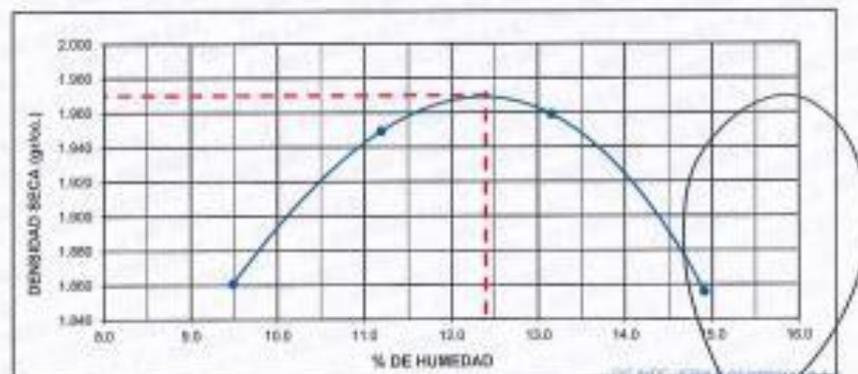
TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL, EN LA
AV. CHEMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA, ROBERTH ALEX

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 7% CAL

ENSAYO DE COMPACTACION					
VOLUMEN DEL MOLDE :	937 cm ³	PESO DEL MOLDE :			3299 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		6178	6300	6346	6297
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		1909	2091	2077	1898
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)		2.04	2.17	2.22	2.13
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.801	1.949	1.969	1.828

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
TARRO N°.		1	2	3	4
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)		367.90	386.00	376.10	390.40
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)		366.80	389.00	346.00	323.00
PESO DE AGUA (g)		21.50	28.80	32.10	27.40
PESO DEL TARRO (g)		199.4	199.8	180.0	198.2
PESO DE SUELO SECO (g)		228.80	299.00	244.00	183.80
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		9.5	11.2	13.2	14.9
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.979 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		12.40 %	



Hecho Por : Téc. Jony C. Gutiérrez Alvarado



INGENIERIA GEOTECNICA

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - GP 4233



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB RASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL.
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA ROBERTH ALEX

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CALICATA : C-39
MUESTRA : M-3
PROFUNDIDAD : 1.05 - 2.05 m

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Método : A
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.99
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.60

b).- Compactación de moldes

MOLDE Nº	I	II	III
Nº de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.990	1.890	1.84
Contenido de Humedad	12.60	12.60	12.60

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE Nº	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (Lb/grpulg ²)	Presión Patrón (Lb/grpulg ²)	C.B.R. %
I	0.1	71	1000	7.1
II	0.1	35	1000	3.5
III	0.1	21	1000	2.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 7.10
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 3.50

HECHO POR : T. Tapata C.



WRC INGENIO S.A.C.

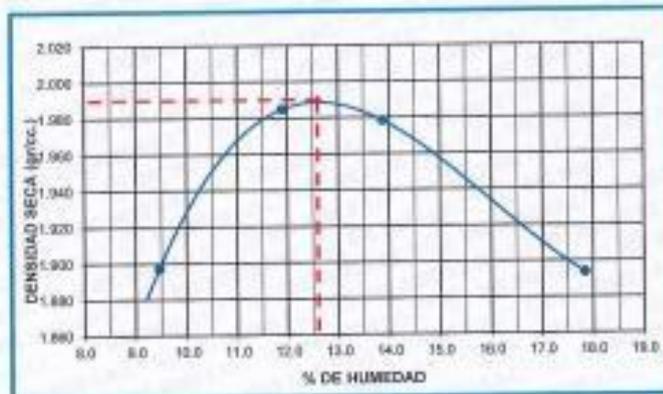
JORGE TAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 60428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB RASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y GAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 3820
TESTISTA : MARTINEZ BECERRA ROBERTH ALEX

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

CALIDAD	: C - 39	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	=	1.950
MUESTRA	: M-3	Óptimo Contenido de Humedad (%)	=	12.60
PROFUNDIDAD	: 1.05 - 2.00 m	CBR al 100% de la MDS (%)	=	7.10
		CBR al 95% de la MDS (%)	=	3.50



Observación : Sin registro original
Flecha por : Téc. Franklin C.



WRC INGENIO S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 66428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB RASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL
EN LA AV. CHIMPU COLLO, CARAMAYLLO, 2826
TESISTA : MARTINEZ MECERA ROBERTH ALEX

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

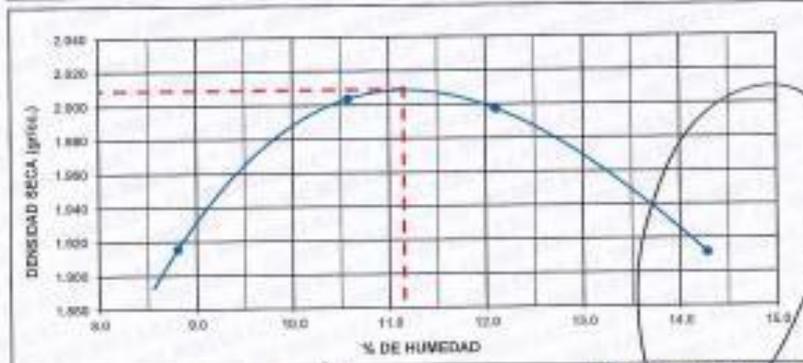
CALICATA : C-39 MUESTRA : M-3 PROFUNDIDAD : 1.05 - 2.00 m

ENSAYO DE COMPACTACION

VOLUMEN DEL MOLDE :	927 cm ³	PESO DEL MOLDE :				3209 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)	5232	5345	5387	5350	5350	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)	1953	2078	2088	2047	2047	
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.10	2.22	2.24	2.18	2.18	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.918	2.004	1.987	1.952	1.952	

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

TARRO N°.	1	2	3	4	
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	312.80	329.00	320.00	340.00	
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	293.80	308.80	323.00	310.00	
PESO DE AGUA (g)	17.80	22.00	27.00	30.00	
PESO DEL TARRO (g)	180.0	180.0	180.0	180.0	
PESO DE SUELO SECO (g)	193.08	208.80	223.80	210.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.81	10.58	12.11	14.29	
DENSIDAD MAXIMA SECA	2.008 g/cm ³		HUMEDAD OPTIMA		11.15 %



Hecho Por :

Téc. Francisco



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE CAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 58428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB RASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA ROBERTH ALEX

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CALICATA : C-39
MUESTRA : M-3
PROFUNDIDAD : 1.05 - 2.00 m

L. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1683

a)- Ensayo Preliminar de Compactación
Metodo : A
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.009
Optimo Contenido de Humedad (%) : 11.15

b)- Compactacion de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	50
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.009	1.910	1.88
Contenido de Humedad	11.15	11.15	11.15

c)- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg.)	Presion Aplicada (Lbg/pulg ²)	Presion Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	62	1000	9.2
II	0.1	51	1000	5.1
III	0.1	35	1000	3.9

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 9.20
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 5.10

HECHO POR : Téo. Fernández



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

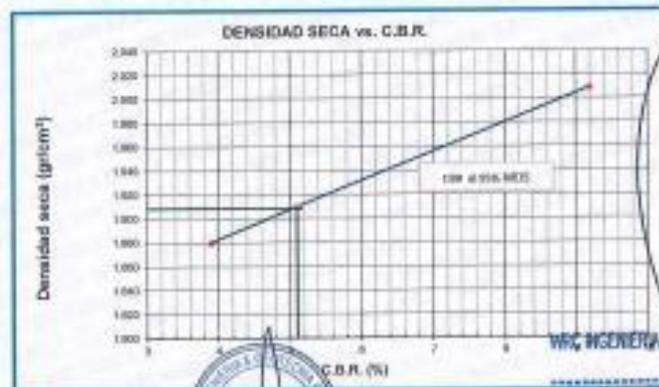
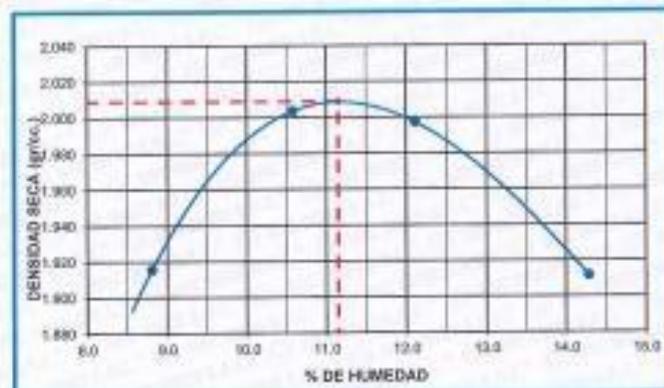
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 69428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CIEMPU COLLO, CARABAYLLO, 2020
TESTEA : MARTINEZ SOCERRA ROBERTH ALEX

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1083

CALCUTA	C-36	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	=	2.009
MOLESTRA	M-3	Óptimo Contenido de Humedad (%)	=	11.15
PROFUNDIDAD	1.05 - 2.80 m	CBR al 100% de la MDG (%)	=	9.20
		CBR al 95% de la MDG (%)	=	5.10



Observaciones : Sin registro de valores
Hecho por : Tfc. Franklin



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 68423



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB RASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TEMISTA : MARTINEZ BECERRA ROBERTH ALEX

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CAUCATA : C - 39
MUESTRA : M-3
PROFUNDIDAD : 1.05 - 2.00 m

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1983

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo : A
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.02
Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.45

b).- Compactación de moldes:

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	3	5	5
Numero de golpes/capa	50	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.020	1.920	1.81
Contenido de Humedad	10.45	10.45	10.45

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg.)	Presion Aplicada (Lb/pulg ²)	Presion Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	100	1000	10.6
II	0.1	74	1000	7.4
III	0.1	44	1000	4.4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 10.60

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 7.40

HECHO POR



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 68478



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB BASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 3520
TECISTA : MARTINEZ BECERRA ROBERTO ALEX

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

CALECITA	: C - 39	Módulo (Densidad Seca / gr/cm ³)	=	2.020
MUESTRA	: M-3	Óptimo Contenido de Humedad (%)	=	10.45
PROFUNDIDAD	: 1.95 - 2.89 m	CBR al 100% de la MDS (%)	=	10.60
		CBR al 98% de la MDS (%)	=	7.40



Observación : Se registro explotación
Hecho por : Tito, Franklin C.



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 68428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUS BASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2028
TENISTA : MARTINEZ BECERRA ROBERTH ALEX

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CAUCATA : C-38
MUESTRA : M-3
PROFUNDIDAD : 1.05 - 2.00 m

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1583

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo : A
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.026
Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.20

b).- Compactacion de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.026	1.824	1.775
Contenido de Humedad	9.20	9.20	9.20

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (Lb/grpulg ²)	Presion Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	121	1000	12.1
II	0.1	90	1000	9
III	0.1	55	1000	5.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 12.10
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 9.00

HECHO POR : Tec. Francisco



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

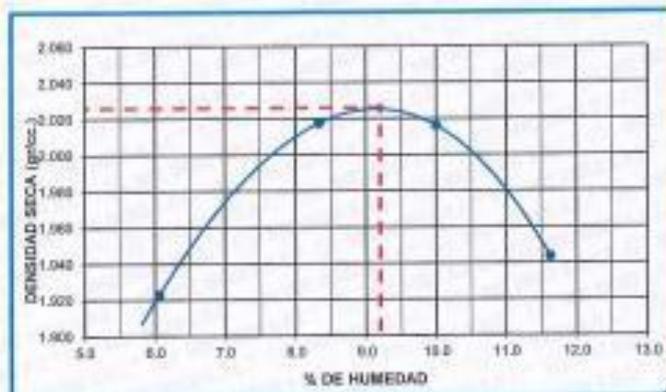
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 66428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TRABAJA : MARTINEZ BECERRA ROBERTH ALEX

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1083

CALCATA	: C - 39	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	=	2.026
MUESTRA	: M-3	Óptimo Contenido de Humedad (%)	=	9.20
PROFUNDIDAD	: 1.65 - 2.00 m	CBR al 100% de la MDS (%)	=	12.10
		CBR al 95% de la MDS (%)	=	9.00



Observación : Se registra estabilización
Hecho por : Téc. Franklin



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZARATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUS PASANTE INCORPORANDO CENIZA Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OJELLO, CARABAYLLO, 2009
TERRESTA : MARTINEZ NEGORRA ROBERTH ALEX

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

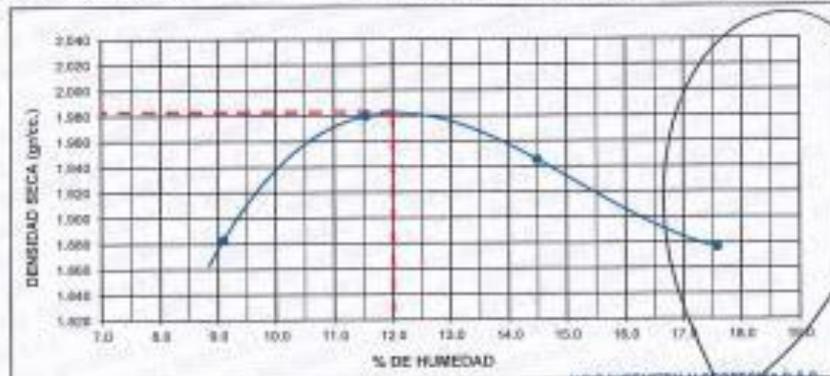
CAUCATA : C-39 MUESTRA : M-3 PROFUNDIDAD : 1.05 - 2.00 m

ENSAYO DE COMPACTACION

VOLUMEN DEL MOLDE :	947 cm ³	PESO DEL MOLDE :				4212 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		6147	6262	6370	6490	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		1838	2080	2090	2878	
DENSIDAD HUMIDA (g/cm ³)		2.85	2.21	2.21	3.21	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.983	1.980	1.945	1.878	

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

TARRO N°.		1	2	3	4	
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)		281.00	278.08	262.80	333.80	
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)		243.00	295.08	272.80	304.80	
PESO DE AGUA (g)		38.00	83.00	90.00	129.00	
PESO DEL TARRO (g)		155.0	162.0	134.0	158.0	
PESO DE SUELO SECO (g)		88.00	134.08	136.00	168.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		9.09	11.54	14.49	17.58	
DENSIDAD MAXIMA SECA		1.983 g/cm ³		HUMEDAD OPTIMA		12.86 %



Hecho Por

Téc. FERRER



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - DIF 88428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB RASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA ROBERTH ALEX

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CALICATA : C-39
MUESTRA : M-3
PROFUNDIDAD : 1.05 - 2.00 m

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1983

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo : A
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.983
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.00

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.983	1.889	1.845
Contenido de Humedad	12.00	12.00	19.00

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetración (mm)	Presión Aplicada (Lbgr/cm ²)	Presión Patrón (Lbgr/cm ²)	C.B.R. %
I	0.1	87	1000	8.7
II	0.1	60	1000	5
III	0.1	33	1000	3.3

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 8.70
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 4.80

HECHO POR : TóC.



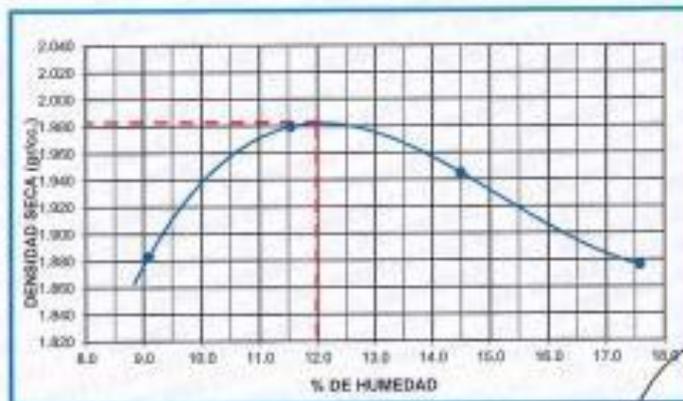
WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 66428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUR RASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CAMPU OCLLO, CARABAYLLO, 3920
TECISTA : MARTINEZ BOCERRA ROBERTH ALEX

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

CATEGORIA	: C - 38	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	=	1.985
MUESTRA	: M-5	Optimo Contenido de Humedad (%)	=	12.00
PROFUNDIDAD	: 1.05 - 2.00 m	CBR al 100% de la MGS (%)	=	8.70
		CBR al 85% de la MGS (%)	=	4.80



Observación : Se registro en el informe
Hecho por : Téc. Franklin C.



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZABATA CASTILLO
ING. CIVIL - C.B.R. 028



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB BASE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHEMPU OCLLO, CARAMAYLLO, 2000
TERCETA : MARTINEZ BECERRA ROBERTH ALEX

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

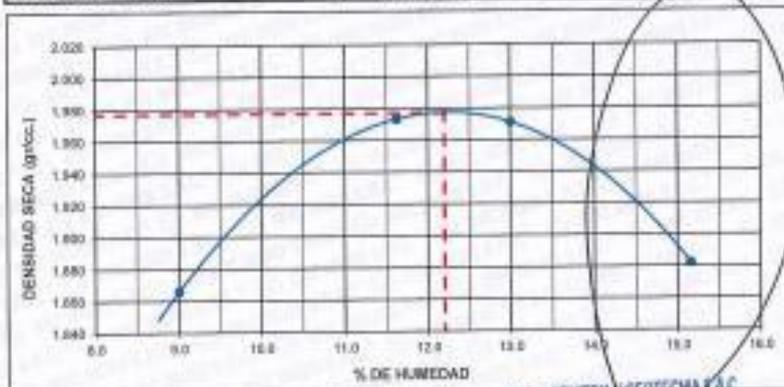
CALICATA : C-39 MUESTRA : M-3 PROFUNDIDAD : 1.05 - 2.00 m

ENSAYO DE COMPACTACION

VOLUMEN DEL MOLDE (cc)	PESO DEL MOLDE (g)			
937	3209			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)	5175	5333	5390	5300
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)	1905	2084	2087	2091
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.03	2.20	2.23	2.17
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.808	1.873	1.871	1.882

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

TARRO N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	355.80	385.05	340.05	325.00
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	332.81	338.30	320.38	296.30
PESO DE AGUA (g)	17.40	27.75	26.65	23.80
PESO DEL TARRO (g)	138.4	108.8	108.8	139.2
PESO DE SUELO SECO (g)	193.29	238.30	209.35	187.08
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.01	11.62	13.05	15.15
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.977 g/cm ³		HUMEDAD OPTIMA	
			12.20 %	



Hecho Por

Téc. Fernando C.



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - D.N. 66428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB RASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OJOLLO, CARABAYLLO, 2020
TERRESTA : MARTINEZ RECERRA ROBERTH ALEX

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CALICATA : C-39
MUESTRA : M-3
PROFUNDIDAD : 1.05 - 2.00 m

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1683

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Método : A
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.977
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.20

b).- Compactación de moldes:

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.977	1.850	1.79
Contenido de Humedad	12.20	12.20	12.20

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (Lbgr/pulg ²)	Presión Patron (Lbgr/pulg ²)	C.B.R. %
I	0.1	99	1000	9.9
II	0.1	62	1000	6.2
III	0.1	47	1000	4.7

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 9.90
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 6.92

HECHO POR



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

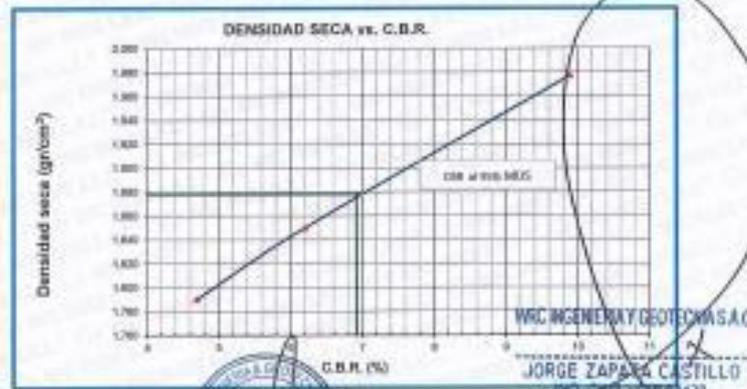
JORGE ZAPATA CASTILLO
INGENIERO - CIP 20428



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB RASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, GARABAYILLO, 2800
TESISTA : MARTINEZ BECERRA ROBERTH ALEX

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

CLASIFICACION	: C - 20	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	=	1.977
MUESTRA	: N-5	Óptimo Contenido de Humedad (%)	=	12.20
PROFUNDIDAD	: 1.05 - 2.30 m	CBR al 100% de la MDS (%)	=	9.90
		CBR al 80% de la MDS (%)	=	6.92



Observación : Se registró en terreno
Hecho por : Téc. Franklin G.C.



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
INGENIERO EN GEOTECNIA



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB-BASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OULLO, CARAMAYLLO, 2000
TEXISTA : MARTINEZ BARRERA ROBERTO ALEX

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

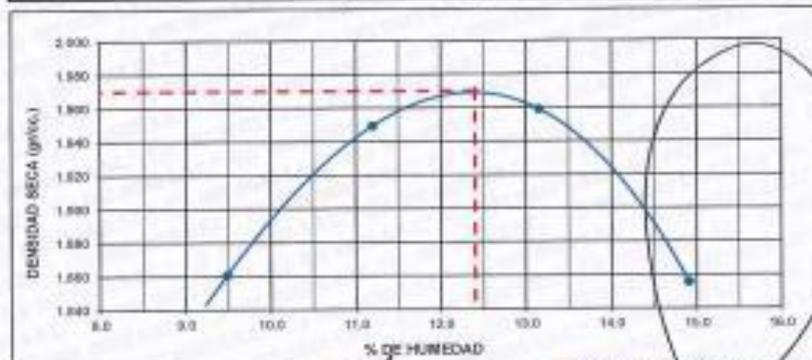
CALICATA : C-39 MUESTRA : M-3 PROFUNDIDAD : 1.05 - 2.00 m

ENSAYO DE COMPACTACION

VOLUMEN DEL MOLDE :	937 cm ³	PESO DEL MOLDE :				3299 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		5178	5200	5248	5267	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		1909	2031	2077	1996	
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)		2.04	2.17	2.23	2.13	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.967	1.949	1.959	1.938	

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

TARRO N°.	1	2	3	4	
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	387.50	386.00	376.10	393.40	
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	380.00	350.00	344.00	323.90	
PESO DE AGUA (g)	21.50	26.00	22.10	27.40	
PESO DEL TARRO (g)	138.4	100.0	180.0	139.2	
PESO DE SUELO SECO (g)	239.40	250.00	244.00	183.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.40	11.20	12.18	14.91	
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.970 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		12.48 %	



Hecho Por : Téc. Franklin



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - C-108420



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB RASANTE INCORPORANDO CAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2020
TESISTA : MARTINEZ BECERRA ROBERTH ALEX

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CLASIFICACION : C-39
MUESTRA : M-3
PROFUNDIDAD : 1.95 - 2.05 m

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1583

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo : A
Maxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.97
Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.40

b).- Compactacion de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (g/cm ³)	1.970	1.885	1.8
Contenido de Humedad	12.40	12.40	12.40

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (Libra/pulg ²)	Presion Patron (Libra/pulg ²)	CBR %
I	0.1	115	1000	11.5
II	0.1	85	1000	8.5
III	0.1	59	1000	5.9

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 11.50
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 8.00

HECHO POR : Téc. Francisco



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - EXP. 1020



TITULO : ESTABILIZACION DE LA SUB BASE INCORPORANDO GAUCHO Y CAL,
EN LA AV. CHIMPU OCLLO, CARABAYLLO, 2920
TESISTA : MARTINEZ BOCERRA ROBERTH ALEX

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

CLASIFICACION	: C - 39	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	=	1.970
MUESTRA	: M-3	Óptimo Contenido de Humedad (%)	=	12.40
PROFUNDIDAD	: 1.05 - 2.00 m	CBR al 100% de la MDS (%)	=	11.50
		CBR al 85% de la MDS (%)	=	8.00



Observación : Se registro en registeron
Hecho por : Tico, Foralim



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C
JORGE ZARATE CASTILLO
ING. CIVIL - CP 66396