

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta para estabilizar subrasantes de
baja capacidad portante en zonas altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua**

- Desvío Cerro de Pasco - 2023

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Alex Andherson MATEU PICHÓ

Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS

Asesor:

Dr. José Fermín HINOJOSA DE LA SOTA

Cerro De Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta para estabilizar subrasantes de
baja capacidad portante en zonas altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua**

- Desvío Cerro de Pasco - 2023

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL
PRESIDENTE

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO

Mg José Germán RAMIREZ MEDRANO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 169-2023-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar
Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas,
Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.**

Apellidos y nombres de los tesistas:

**Bach. MATEU PICHÓ, Alex Andherson
Bach. VILLEGAS RAMOS, Kevyn Frans**

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. HINOJOSA DE LA SOTA, José Fermín

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

10 %

APROBADO

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 13 de diciembre del 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villa Reguis Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada principalmente a Dios, por haberme dado la vida y poder permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis papas: Por ser el plan más importante, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar cualquier obstáculo que se presentó a lo largo de mi vida.

MATEU PICHÓ, Alex Andherson

El presente trabajo de investigación está dedicado:

A Dios por darme sabiduría y voluntad para culminar esta tesis.

A mis padres, Don Gabriel Antonio Villegas Morales y Doña Gloria Elvira Ramos Chamorro, por brindarme su apoyo constante, enseñarme a crecer y superar varios obstáculos para lograr mis metas.

A mi hermana Mariaelena Villegas Ramos, que forma parte importante en mi vida.

VILLEGAS RAMOS, Kevyn Frans

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a nuestro asesor de tesis, Ing. Hinojosa de la Sota, José Fermín por su apoyo profesional, por el tiempo brindado, por orientarnos durante el proceso de la presente investigación.

Al personal técnico del Laboratorio de la E.F.P. de Ingeniería Civil, en la elaboración de los ensayos.

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo obtener el óptimo porcentaje de emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta aplicadas a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas, a fin de obtener el mejoramiento de ésta. Es de tipo cuantitativo, aplicado y experimental. Anualmente se ha ido incorporando nuevas rutas viales en el Perú, los cuales requieren diversos estudios, entre ellos es muy importante la subrasante que es la fundación del suelo, el cual va recibirá el paquete estructural del pavimento y/o afirmado. Para el desarrollo de la investigación como primer punto se realizó exploraciones a Cielos abiertos del tramo PE-18 Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco, para obtener las propiedades y características de éste, seguidamente se comprobó que el suelo pueda ser estabilizado con la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta (CSS-1). Una vez teniendo la caracterización del tramo mediante ensayos de laboratorio destacando entre ellos el CBR, y sacando las particularidades de la muestra patrón, se pasó a calcular un porcentaje de emulsión teórico de acuerdo al Ensayo de granulometría, asimismo para un mejor análisis se efectuó 3 especímenes a porcentajes de 3%, 7% y 11%, para el ensayo CBR curadas a 4 días en agua, a ambiente de laboratorio, tomando nota del índice de CBR si aumenta o disminuye dependiendo del porcentaje de emulsificante que será aplicado. Finalmente se pasó a comparar los resultados de CBR con y sin la aplicación de la emulsión asfáltica, dándonos, que el porcentaje de 7% posee un mejoramiento sustancial, el cual elevó las características de nuestra subrasante, resaltando que este valor está dentro de los intervalos entre 4% y 8% que nos da la norma de suelos “Estabilización de suelos y taludes” CE. 020. De igual manera se observó que adicionar en excesivo porcentaje (11%) no eleva la capacidad por el contrario se apreció un descenso de ésta, produciendo un efecto nulo.

Palabra clave: Emulsión asfáltica, Índice de CBR, estabilización.

ABSTRACT

The research work aims to obtain the optimum percentage of slow-breaking cationic asphalt emulsion applied to subgrades with low bearing capacity in high Andean areas, in order to improve it. It is quantitative, applied and experimental. New road routes have been incorporated annually in Peru, which require various studies, among them the subgrade that is the foundation of the soil is very important, which will receive the structural package of the pavement and/or affirmed. For the development of the investigation, as a first point, open skies explorations of the section PE-18 Uchucchacua

- Cerro de Pasco Diversion were carried out, to obtain its properties and characteristics, then it was verified that the soil can be stabilized with the cationic asphalt emulsion. slowbreaking (CSS-1). Once having the characterization of the section through laboratory tests, highlighting among them the CBR, and taking out the particularities of the standard sample, a theoretical emulsion percentage was calculated according to the granulometry test, also for a better analysis 3 specimens at percentages of 3%, 7% and 11%, for the CBR test, cured for 4 days in water, in a laboratory environment, taking note of the CBR index if it increases or decreases depending on the percentage of emulsifier that will be applied. Finally, the results of CBR were compared with and without the application of the asphalt emulsion, giving us that the percentage of 7% has a substantial improvement, which raised the characteristics of our subgrade, highlighting that this value is within the intervals between 4% and 8% that gives us the soil standard "Stabilization of soils and slopes" CE. 020. In the same way, it was observed that adding an excessive percentage (11%) does not increase the capacity, on the contrary, a decrease was observed, producing a null effect.

KEYWORD: Asphalt emulsion, CBR index, stabilization }

INTRODUCCIÓN

La incorporación anual de rutas viales en el Perú va en crecimiento, para lo cual es muy importante la ejecución correcta de los proyectos viales, de estos surgen los estudios que se deberán de realizar en el tramo; a raíz de ello se da mayor énfasis e importancia a la Sub Rasante que viene a ser la superficie terminada de la carretera a nivel de corte y de relleno, sobre esta es la que se colocará la estructura del pavimento, siendo encontrados en algunos casos subrasantes inadecuadas, insuficientes, de acuerdo al nivel de categoría que éstas poseen, la cual serán evaluadas mediante diversos ensayos, uno de ellos es el ensayo de CBR “California Bearing Ratio”, siendo esta una prueba de penetración que nos permitirá comprobar las características mecánicas de un suelo; para una subrasante regular se tiene que tener como mínimo un 6%, si en todo caso este es menor se tiene que ver las distintas formas de poder mejorar las propiedades de nuestra subrasante.

De aquí surge la estabilización de suelos, la cual está definida como el mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos, esta se puede lograr mediante diversos procedimientos; siendo una de ellas: La estabilización de suelos con emulsiones asfálticas, la cual aparte de poder brindar un óptimo mejoramiento de la subrasante nos brindará: Un aumento de estabilidad por las características aglomerantes que posee, a su vez, nos ayudará a tener una impermeabilización de los suelos. Existen diversos tipos de emulsiones asfálticas entre las cuales se tendrá: La emulsión asfáltica catiónica es una de ellas, nos brindará una adhesión superior, un buen sellado, impermeabilizante, la cual también es usada para trabajos de Slurry Seal; asimismo, la emulsión asfáltica de rotura lenta favorecerá a una mayor seguridad al momento de realizar el mezclado con un agregado fino, están son usadas en agregados de alto contenido de humedad.

En el que se tendrá mediante distintos ensayos elevar el nivel se

subrasantes de acuerdo a la caracterización de ellas, introduciendo la emulsión asfáltica en diversos porcentajes.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I.

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.2.1.	Delimitación Espacial.....	2
1.2.2.	Delimitación Temporal.....	2
1.2.3.	Delimitación del universo.....	2
1.2.4.	Delimitación del contenido.....	3
1.3.	Formulación del problema.....	3
1.3.1.	Problema general.....	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos	4
1.4.1.	Objetivo general	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	4
1.5.	Justificación de la investigación	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	5

CAPITULO II.
MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	6
2.1.1.	Internacionales.....	6
2.1.2.	Nacionales	11
2.2.	Bases teóricas – científicas	17
2.2.1.	La Subrasante	18
2.2.2.	Característica de un suelo estabilizado.....	19
2.2.3.	Tipos de Emulsiones Asfálticas.....	20
2.2.4.	Emulsiones Asfálticas	23
2.2.5.	Estabilización del suelo con emulsión asfáltica	24
2.2.6.	Emulsificante.....	26
2.2.7.	Estabilización de Suelos.....	27
2.2.8.	Ensayos Principales	28
2.2.9.	Diseño de mezcla.....	30
2.3.	Definición de términos básicos	31
2.4.	Formulación de hipótesis.....	34
2.4.1.	Hipótesis General	34
2.4.2.	Hipótesis Específica	34
2.5.	Identificación de variables.....	34
2.5.1.	Variable Independiente.....	34
2.5.2.	Variable Dependiente	35
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	36

CAPITULO III.

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de Investigación	38
3.1.1.	En razón de los propósitos de la investigación.....	38
3.1.2.	En razón de la naturaleza de los problemas.....	39
3.1.3.	En razón al diseño metodológico empleado	39
3.1.4.	En razón al enfoque de la investigación	40
3.2.	Nivel de investigación	40
3.3.	Métodos de investigación	41
3.4.	Diseño de Investigación	41
3.5.	Población y muestra	42
3.5.1.	Población	42
3.5.2.	Muestra	42
3.5.3.	Muestreo	44
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	44
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	45
3.7.1.	Procesamiento.....	45
3.7.2.	Método de Análisis de Datos.....	47
3.8.	Tratamiento estadístico.....	47
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	50

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del Trabajo de Campo	52
4.1.1.	Exploración a Cielos Abiertos (Calicata).....	52
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de Resultados.....	53

4.2.1. Ubicación.....	53
4.2.2. Ensayos para la caracterización del suelo	54
4.2.3. Determinación del Valor Relativo de Soporte C.B.R. (ASTM D 1883/MTC E 132).....	56
4.2.4. Caracterización de la emulsión asfáltica	59
4.2.5. Preparación de la mezcla	60
4.2.6. Ensayo de CBR suelo – emulsión asfáltica	64
4.2.7. Ensayo de Permeabilidad Suelo – Emulsión	69
4.3. Prueba de Hipótesis	71
4.3.1. Condiciones	71
4.3.2. Hipótesis General	72
4.3.3. Hipótesis Específico N° 01.....	73
4.3.4. Hipótesis Específico N° 02.....	74
4.3.5. Hipótesis Específico N° 03.....	75
4.4. Discusión de Resultados	76

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vías terrestres en el Perú.....	2
Figura 2 Resultados de los Índices de CBR al usar emulsión catiónica de rotura lenta. 7	
Figura 3 Cuadro de resumen de resultados con emulsión asfáltica Fuente: (Quiroz, 2017).....	8
Figura 4 Módulos resilientes de la subrasante aplicando el lodo aceitoso en distintos porcentajes.....	9
Figura 5 Cumplen las especificaciones para la construcción de vías.	10
Figura 6 Resistencia a CBR del material granular después de ser aplicado con emulsión asfáltica catiónica.	10
Figura 7 Índice CBR a 0.2” para diferentes porcentajes de emulsión asfáltica catiónica.	11
Figura 8 Porcentajes de expansión según la cantidad de emulsión Fuente: (Galarreta & Llenque, 2019).....	12
Figura 9 Cuadro comparativo de los ensayos de Proctor Modificado y CBR según el porcentaje de emulsión asfáltica.....	13
Figura 10 Resultados del CBR para los tres tipos ensayos Fuente: (Suxe, 2018).....	14
Figura 11 Determinación de los cambios de estabilidad vs asfalto residual Fuente: (Ludeña, 2017)	15
Figura 12. CBR de las diferentes mezclas emulsión y cemento con Figura 12 CBR de las diferentes mezclas emulsión y cemento con 0.1" de penetración.....	16
Figura 13 Curva De CBR - % asfalto RC 250 Fuente: (Gamero, 2019).....	17
Figura 14 Diagrama Esquemático de una Emulsión Asfáltica.....	24
Figura 15 Estructura molecular del emulsificante.....	27
Figura 16 Ensayo CBR Relación de Soporte California.	29

Figura 17 Plano de ubicación de la carretera.....	54
Figura 18 Relación "Contenido de Humedad y 95% MDS" de las Calicatas.	56
Figura 19 Relación de la MDS al 100% y 95% a 0.1"	57
Figura 20 Peso de la muestra en una balanza digital.....	61
Figura 21 Peso de Emulsión asfáltica al 3%.	62
Figura 22 Peso de Emulsión asfáltica al 7%	62
Figura 23 Peso de Emulsión asfáltica al 11% Fuente	63
Figura 24 Mezcla del suelo y emulsión asfáltica.....	63
Figura 25 Preparación de los moldes para CBR Fuente: Elaboración Propia.....	64
Figura 26 Moldes sumergidos en el agua para CBR de la mezcla Suelo – Emulsión....	65
Figura 27 Curva de Compactación Suelo + Emulsión 3% Fuente: Elaboración Propia	66
Figura 28 Curva de Compactación Suelo + Emulsión 7%	67
Figura 29 Curva de Compactación Suelo + Emulsión 11%	67
Figura 30 Relación entre la comparación de CBR y % de Emulsión Asfáltica	68
Figura 31 CBR % - Emulsión Asfáltica %	68
Figura 32 Resultados del Ensayo de Permeabilidad Fuente: Elaboración Propia.....	70
Figura 33 Suelo + emulsión dificultando la trabajabilidad	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorías de Subrasante.....	19
Tabla 2 Especificaciones De CRR-1 O CRS-1	22
Tabla 3 Tabla 3. Especificaciones de CSS-1.....	23
Tabla 4 Contenido de Asfalto para Estabilizar.....	26
Tabla 5 Matriz de Operacionalización de variables	36
Tabla 6 Cantidad de ensayos de CBR	43
Tabla 7 Cantidad de Muestras por Calicata.....	43
Tabla 8 Cantidad de Muestras De Estudio en el Tramo PE-18-Uchucchacua – Desvío Cerro de Pasco.....	44
Tabla 9 Instrumentos de recolección de datos.....	45
Tabla 10 Descripción de la exploración a cielo abierto (calicata).....	53
Tabla 11 Resumen de resultados para la caracterización de suelos	54
Tabla 12 Resultados Ensayo Proctor Modificado	55
Tabla 13 Resultados Ensayo CBR “California Bearing Ratio”.....	57
Tabla 14 Caracterización de las Sub Rasantes	58
Tabla 15 Resultados Ensayo de Permeabilidad	58
Tabla 16 Porcentaje Tentativo de Emulsión Asfáltica	60
Tabla 17 Diseño de mezcla.....	61
Tabla 18 Resultados de Índice de CBR.....	65
Tabla 19 Resultados del Ensayo de Permeabilidad.....	69
Tabla 20 Tabla de ANOVA Hipótesis General.....	72
Tabla 21 Tabla de ANOVA Hipótesis Especifico N° 01	73
Tabla 22 Tabla de ANOVA Hipótesis Especifico N° 01	75
Tabla 23 Tabla de ANOVA Hipótesis Especifico N° 03	76

Tabla 24 % de CBR aplicando la emulsión a un 7% 78

CAPITULO I

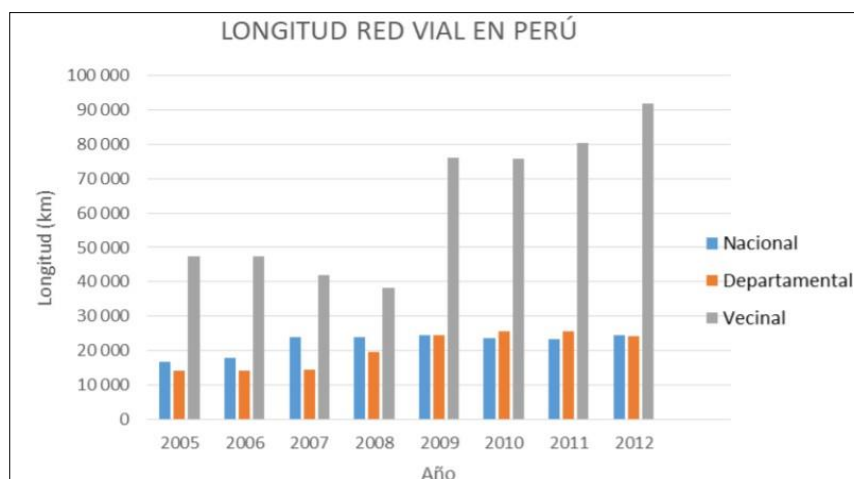
PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

La capacidad portante de la subrasante es fundamental ya que, soporta la estructura de un pavimento, por lo que se ha identificado en zonas superiores altoandinas, subrasantes de baja capacidad portante debido a que se encuentra expuesta al congelamiento y filtración de agua, estas deben presentar mejoras para evitar fallas en la Serviciabilidad de un pavimento.

Con la incorporación anual de rutas viales en Perú, cabe resaltar que es muy importante ejecutar correctamente los proyectos viales. Esto requiere una adecuada investigación y estabilización del suelo, principalmente en los trópicos.

Figura 1
Vías terrestres en el Perú.



Fuente: (MTC, 2017)

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación Espacial

Este proyecto está limitado por los siguientes parámetros: el Tramo PE-18-Uchucchacua – Desvío Cerro de Pasco a una altitud de 3625 m.s.n.m., Provincia de Pasco Región Pasco.

1.2.2. Delimitación Temporal

El proyecto de investigación Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18-Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco -2023, iniciando el día 20 demarzo del 2023 y como fecha de culminación 21 de julio del año 2023 (4 meses).

1.2.3. Delimitación del universo

Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantesde Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18-Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023, tiene como delimitación universal

a los suelos finos del tramo ya mencionado, del sector en la que se va a aplicar las emulsionesasfálticas.

1.2.4. Delimitación del contenido

Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantesde Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18-Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco -2023, tiene como delimitación del contenido al obtener resultados en cuanto a mejorado la capacidad portante de la subrasante al aplicar emulsiones asfálticas, ya que al clasificar el suelo obtenemos un suelo de alta plasticidad debido a la gran cantidad de partículas finas y esto genera el congelamiento del suelo y otro factor es la filtración de agua a la subrasante por lasprecipitaciones altas que se tiene en zonas de la sierra.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el porcentaje de emulsión asfáltica catiónicas de rotura lenta para estabilizar una subrasante de baja capacidad portante en zonas altoandinas?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características y propiedades de la subrasante de baja capacidadportante en zonas altoandinas?
- ¿Cuáles son los resultados de la capacidad de soporte CBR incorporando la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas?
- ¿Cuáles son los resultados del índice de permeabilidad aplicando la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el porcentaje óptimo de emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta contribuyen en la estabilización de la subrasante de baja capacidad portante en zonas altoandinas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características y propiedades de la subrasante de baja capacidad portante en zonas altoandinas.
- Evaluar la capacidad de soporte CBR incorporando la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.
- Evaluar el índice de permeabilidad al aplicar la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.

1.5. Justificación de la investigación

Este trabajo de investigación se justifica porque los ensayos de laboratorio que realizaremos de manera estricta permitirá determinar el porcentaje óptimo de emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta contribuyendo en la estabilización de la sub rasante de baja capacidad portante posibilitando luego un diseño de pavimento que permita una buena transitabilidad de vehículos de alto tonelaje logrando así una mejora de los tiempos de traslado con un importante impacto en la economía de los usuarios y de la sociedad en general ya que los precios de los bienes , materiales y productos alimenticios que se trasladan por este lugar abarataran sus costos de transporte. Así mismo los resultados de esta investigación

podrán aplicarse en lugares donde las sub rasantes tengan las mismas características que los del tramo PE-18 – Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco; cabe resaltar que estos resultados a su vez se podrán aplicar a zonas sobre los 3000 msnm, puesto que estos tipos de suelos son afectados por las denominadas “heladas” debido a la susceptibilidad al congelamiento.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones que presenta nuestro proyecto Emulsión Asfáltica Catiónica De Rotura Lenta Para Estabilizar Subrasantes De Baja Capacidad Portante En Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro De Pasco - 2023, son los resultados de la presente investigación ya que solo se aplican a subrasantes que estén expuestos a congelamiento por fenómenos naturales; teniendo en cuenta que las propuestas de los distintos porcentajes de la emulsión asfáltica no siempre va a elevar la capacidad portante, ya que sufrirá saturación en la mezcla suelo-emulsión.

Así mismo las pruebas efectuadas en el campo corresponden al 19 % del total del tramo PE-18 – Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco, ya que de los 47 km se analizará una muestra de 9 km.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

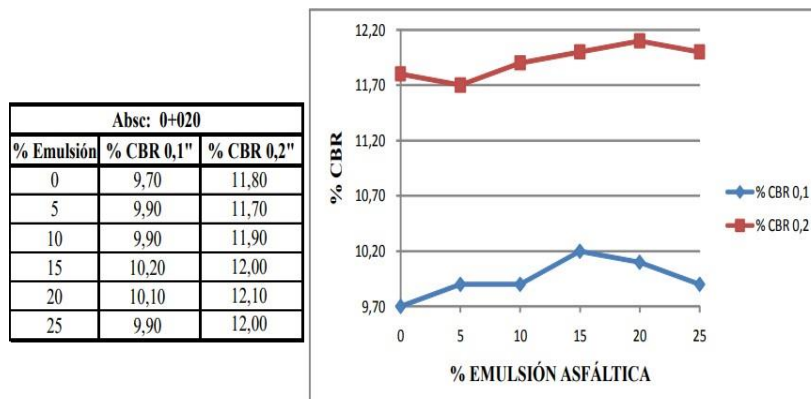
2.1.1. Internacionales

(Almeida & Ernesto, 2017) El principal objetivo de su investigación fue examinar cómo responde el suelo al agente estabilizador emulsión catiónica de rotura lenta (CSS-1h). Teniendo como diseño experimental. Se utilizó el ensayo CBR de la subrasante para adquirir los datos. Los resultados de las pruebas de campo natural; las emulsiones asfálticas y suelos con diferentes proporciones de emulsiones asfálticas oscila entre el 18.97% a 23.22%, para lo cual propone los siguientes porcentajes añadiendo a la muestra original: 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de los cuales pueden o no cumplir plenamente con las expectativas .La relación CBR en suelo natural para el rango de penetración de 0.1 pulgadas es 9,70 a 11.80%, y la relación CBR para el rango de penetración de 0.2 pulgadas es 11.80 a 13.60%, el resultado más favorable fue al aplicar 15% de emulsión asfáltica ya que la relación CBR para el rango de penetración de 0.1 pulgadas es 10.20%, y la relación CBR para el rango de penetración de 0.2 pulgadas es 12.00%.

Teniendo en cuenta estos valores sobre el suelo, también se observó que en cuanto mayor sea la densidad seca máxima, mayor era la relación CBR.

Figura 2

Resultados de los Índices de CBR al usar emulsión catiónica de rotura lenta.



(Quiroz, 2017), El propósito de este estudio consistió en mejorar la estabilidad del suelo bajo investigación a través de un incremento en su densidad aparente y en el valor relativo de soporte CBR. Para lograr esto, se comparó la estabilización del suelo utilizando emulsiones asfálticas, asfalto y diesel. El muestreo se llevó a cabo mediante la extracción de ocho muestras de suelo inalterado mediante calicatas en la Provincia de Tungurahua. La recolección de datos se dio a través del ensayo CBR y el Proctor modificado de las muestras; se siguen los mismos pasos, pero teniendo en cuenta que la masa del suelo también fue diferente, utilizando la cantidad de emulsión asfáltica en las proporciones de 6%, 9% y 12%. Al concluir el proyecto, se detallaron las pruebas realizadas, donde el primer ensayo de CBR arrojó una estimación de 60 cuando se estabilizó el suelo con un 9% de emulsiones asfálticas. En cuanto al segundo ensayo de CBR, se llevó a cabo la estabilización del suelo utilizando un 3% de asfalto y un 6% de diésel, obteniendo un valor relevante para cualquier estudio vial.

Adicionalmente, se pudo demostrar que, al estabilizar un suelo de arena limosa con emulsiones asfálticas, este se comporta de manera similar a una grava de limos, lo que lo convierte en un material adecuado para ser utilizado en estudios

viales.

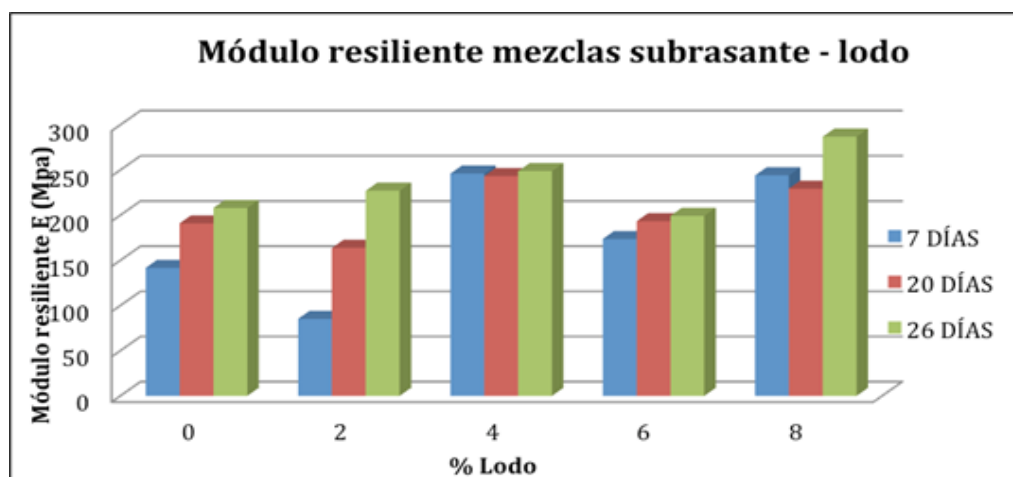
Figura 3

Cuadro de resumen de resultados con emulsión asfáltica Fuente: (Quiroz, 2017)

CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS	
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA	CBR OBTENIDO
3	8,8
6	28
9	60
12	51

(Alarcón, Jiménez, & Benítez, 2020), el artículo muestra diversas alternativas para la edificación de carreteras que posibilitan sustituir los materiales tradicionales empleados en capas granulares y/o mejorar el pavimento. Estas alternativas proponen el uso de relaves de extracción de petróleo con el propósito de mitigar el impacto ambiental negativo de la construcción vial. La metodología utilizada en el presente artículo fue empleada en cuatro diferentes fases principales. En este experimento, se calculó el módulo de elasticidad de la mezcla para concentraciones de lodo aceitoso del 2%, 4%, 6% y 8% durante los primeros cuatro días de inmersión, los primeros 14 días de secado y los últimos 14 días de curado con 7 días de inmersión y 7 días de secado,

Figura 4
Módulos resilientes de la subrasante aplicando el lodo aceitoso en distintos porcentajes.



(Ospina, Chavez, & Jiménez, 2020), El objetivo principal del artículo es examinar el impacto de las combinaciones de suelos arcillosos utilizando escoria de acero con el fin de verificar las normas adoptadas en términos de propiedad de la subrasante. El presente estudio es una investigación experimental cuantitativa. Cuanto mayor era la cantidad de escoria utilizada, menor se volvía la resistencia a la compresión de la mezcla que combinaba escoria de acero con arcilla de caolín. Esta situación podría explicarse debido a que la adición de escoria hace que la mezcla adquiera mayor ductilidad, mientras que la arcilla se vuelve más plástica, lo que, a su vez, reduce la resistencia a la compresión de la combinación. El programa de dosificación incluye un plan para reemplazar y distribuir la escoria de acero en la arcilla con cada tamiz probado. Las características de la combinación de escoria de acero y arcilla caolín son determinadas mediante el uso del tamiz N°4, con una matriz de diferentes proporciones que van aumentando gradualmente en incrementos del 25%, 50% y 75%.

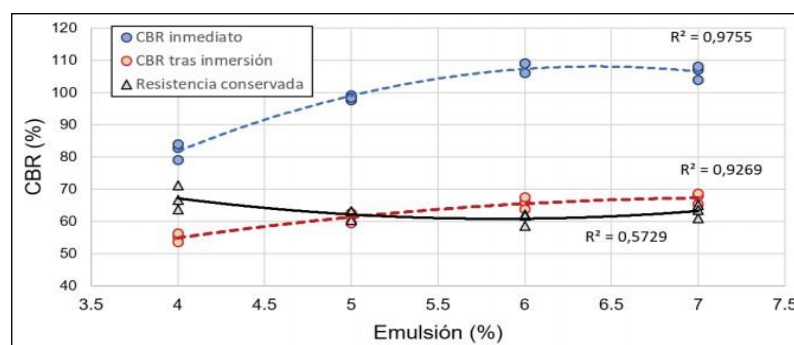
Figura 5
Cumplen las especificaciones para la construcción de vías.

ENSAYO	RESULTADOS LABORATORIO	NORMA INVIAS	CUMPLE
Abrasión en los Ángeles Machine, 500 rpm	49,20%	40% (Max)	NO
Micro - Deval	29,20%	30% (Max)	SI
10% de finos (resistencia seca)	123 kN	70 (Min)	SI
Índice de plasticidad	No Plástico	3 (Max)	SI

Fuente: (Ospina, Chavez, & Jiménez, 2020)

(Alonso, Zambrano, & Tejeda, 2020), En su artículo describe el uso de conglomerados hidráulicos o ligantes asfálticos como método convencional para construir bases o subbases de pavimentos. El proceso consiste en adquirir una subbase tratada con emulsión que pueda absorber la mayor parte de las fuerzas normales de carga, de modo que su rigidez o capacidad para resistir cambios en su forma sea suficiente para soportar las tensiones repetidas causadas por el tráfico. La capa de base se sitúa inmediatamente debajo del ligante. El agregado se puede utilizar a temperatura media o alta de después de la estabilización con emulsión bituminosa catiónica, pero no alcanza la resistencia del pavimento según CBR obtenido después de la inmersión. Sin embargo, el amplificador cumple perfectamente con los requisitos de una subbase y agrega el 5% de emulsión.

Figura 6
Resistencia a CBR del material granular después de ser aplicado con emulsión asfáltica catiónica.



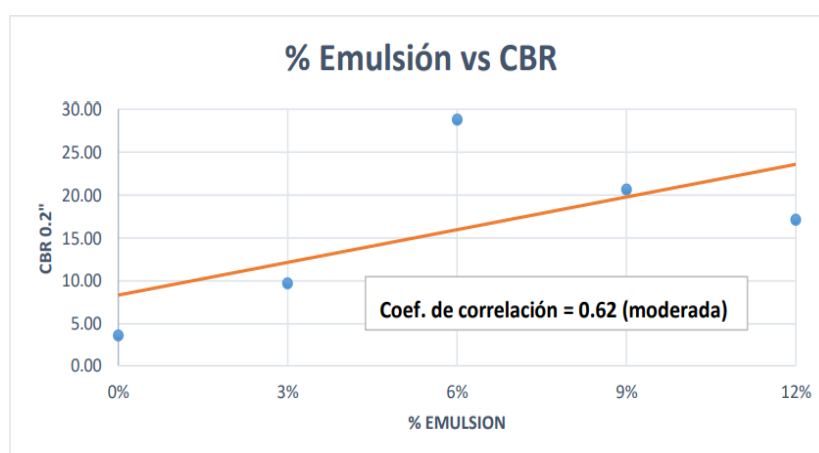
Fuente: (Alonso, Zambrano, & Tejeda, 2020)

2.1.2. Nacionales

(Galarreta & Llenque, 2019), El objetivo fundamental de este estudio fue determinar la cantidad exacta necesaria de emulsión asfáltica catiónica de disolución rápida para estabilizar un suelo específico. El diseño es experimental. La muestra de estudio fue conformada por un suelo arenoso que se clasificó en el centro poblado Villa Hermosa, departamento La Libertad.

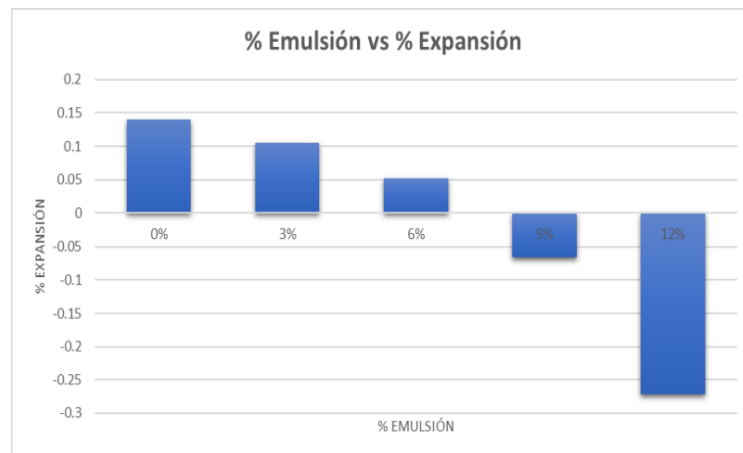
Los datos fueron recopilados utilizando el método de ensayo de compresión no confinada. Las muestras se analizaron sin emulsiones y con emulsiones que contenían 0, 3, 6, 9, 12%. Como consecuencia, se estableció que la mezcla óptima de suelo-emulsión fue del 6% en peso, lo que proporcionó una mayor estabilidad en la capa inferior al incrementar el índice de CBR a un valor de 29.30%. Esto se tradujo en una resistencia de 30.771 kg/cm² en comparación con la subrasante sinestabilizar, que presentaba un índice de CBR estimado de 3.57% y una resistencia de 3.747 kg/cm².

Figura 7
Índice CBR a 0.2" para diferentes porcentajes de emulsión asfáltica catiónica.



Fuente: (Galarreta & Llenque, 2019)

Figura 8
Porcentajes de expansión según la cantidad de emulsión Fuente: (Galarreta & Llenque, 2019)



(Rojas, 2018), Su objetivo principal de la investigación fue emplear la emulsión asfáltica para estabilizar los suelos de baja cohesión. El diseño es experimental. La recolección de datos se logra realizar mediante los trabajos en campo, además de los ensayos de laboratorio teniendo como lugar de estudio el centro poblado de Quilca-Cochamarca, departamento de Lima, el tramo en estudio consta de 3km. El procedimiento que se lleva a cabo con la emulsión asfáltica como agente estabilizador es el modo de incorporar porcentajes de emulsiones asfálticas al suelo con el fin de recabar valores y condiciones de CBR, la proporción a utilizar fue de: 2, 4, 6% teniendo un peso específico de la emulsión de 1.084 gr/cm³. Como conclusión se obtuvo que a medida que se aumenta la emulsión asfáltica se incrementa la capacidad portante (CBR) un claro ejemplo es el suelo arcilloso que tiene un CBR de 4.10% y al estabilizarlo con un 2% de emulsión asfáltica llega a tener un CBR de 5.20%, también se evidencian mejoras en las propiedades geotécnicas de la subrasante debido a que se incrementa la resistencia cortante de 4.10% a 7.20% siendo directamente proporcional entre

ellas.

Figura 9
Cuadro comparativo de los ensayos de Proctor Modificado y CBR según el porcentaje de emulsión asfáltica

ENSAYOS		Suelo natural (muestra crítica)	Suelo natural con 2% de emulsión asfáltica	Suelo natural con 4% de emulsión asfáltica	Suelo natural con 6% de emulsión asfáltica
PROCTOR MODIFICADO	Max Densidad. Seca	1.668	1.727	1.757	1.786
	Optimo Cont. Hum.	17.40%	16.5	16.1	15.6
CBR	CBR para el 100%	4.10%	5.20%	5.90%	7.20%
	CBR para el 95%	3.20%	4.30%	4.60%	5.80%

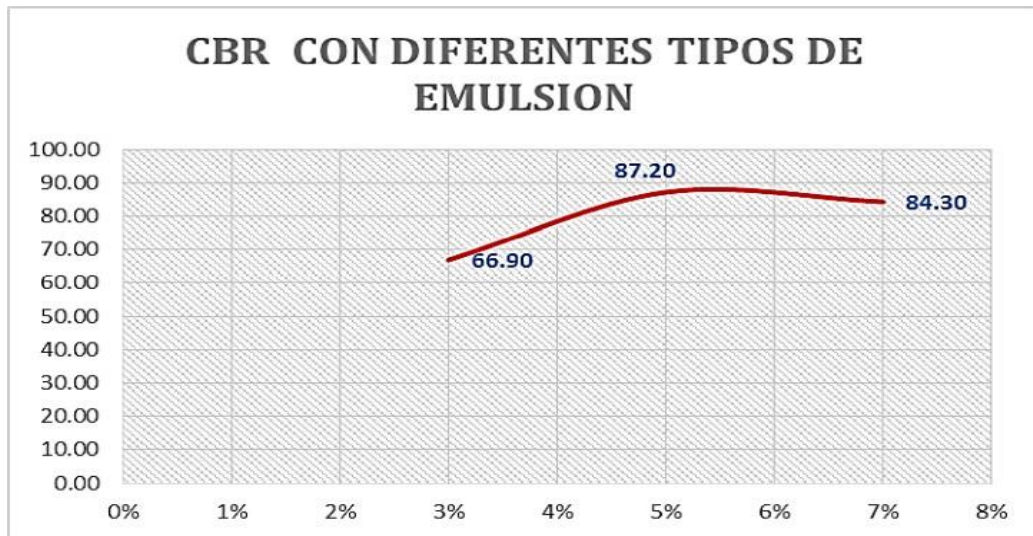
Fuente: (Rojas, 2018)

(Suxe, 2018), El objetivo central de la investigación fue emplear la emulsión asfáltica para mejorar la estabilidad del pavimento en la carretera Bagua Grande.

El enfoque de la investigación es experimental, y se trabajó con una muestrade estudio que incluyó 12 muestras de pavimento tratadas con distintos porcentajes de emulsión: 3%, 5% y 7%. La recolección de datos se realizó mediante instrumentos de validez y confiabilidad, basados en los manuales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Se mostró como resultado que la relación óptima de emulsión para este pavimento es del 5%, sin embargo, se observó que también funcionan porcentajes más elevados, llegando hasta el 7%.

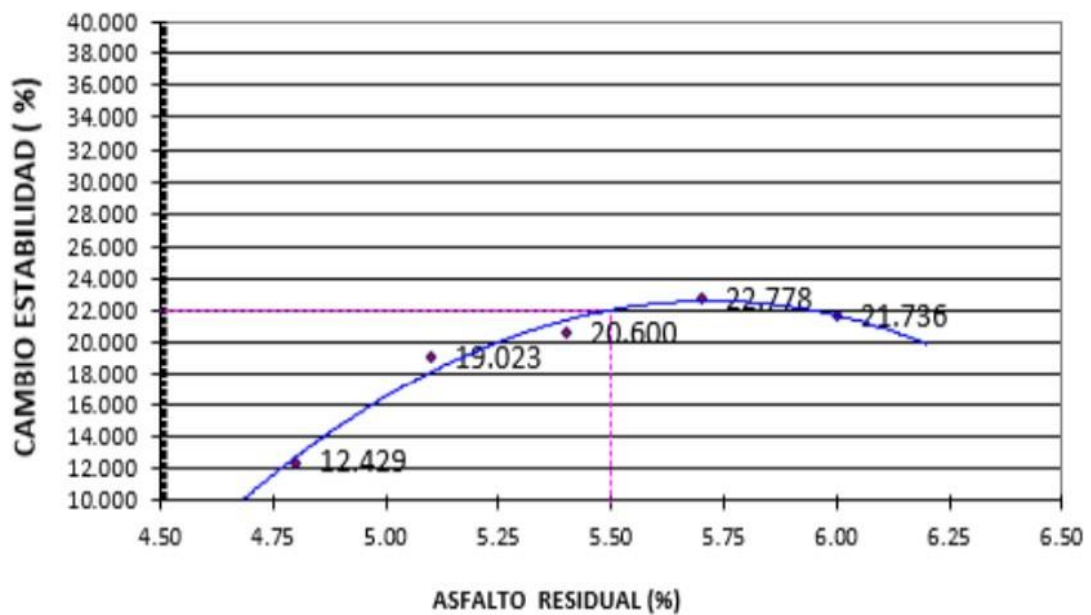
Figura 10
Resultados del CBR para los tres tipos ensayos Fuente: (Suxe, 2018)



(Ludeña, 2017), El enfoque principal de la investigación es evaluar el impacto de la aplicación de mezclas asfálticas emulsionadas en la conservación de la carretera. La metodología utilizada es de tipo experimental. La muestra de estudio se basó en el análisis del deterioro o fallas presentes en la zona de estudio. La recolección de datos se llevó a cabo mediante técnicas de laboratorio y análisis estadísticos. El porcentaje del asfalto pulverizado que se toma en el presente estudio es de 5,5% de mezcla sintética, o 1200 gramos; el tipo de emulsión asfáltica fue CSS 1hp “Catiónica de ruptura lenta”. La temperatura ambiente proporciona una ubicación segura, mejora el tiempo de actividad y no contiene disolventes, lo que reduce los daños al personal.

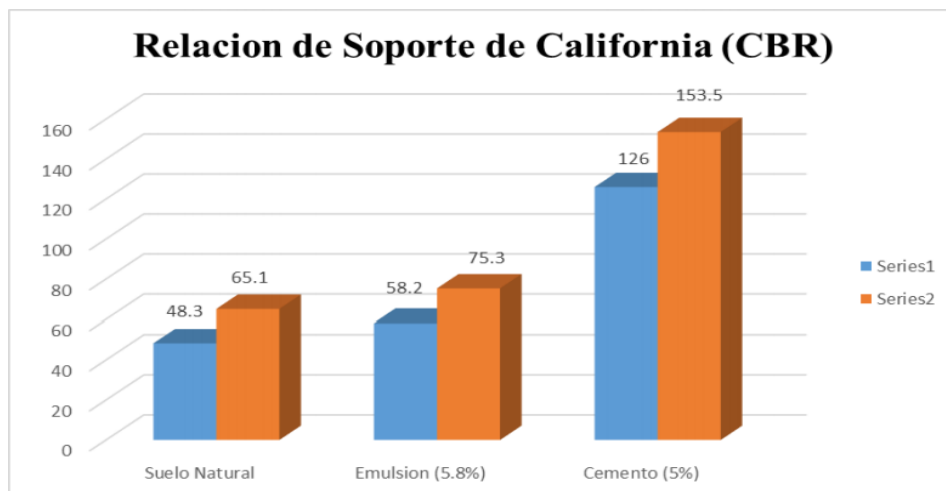
Figura 11

Determinación de los cambios de estabilidad vs asfalto residual Fuente: (Ludeña, 2017)



(Aliaga & Soriano, 2019), en su investigación como objetivo principal es la comparación entre las estabilizaciones de emulsiones asfálticas con el cemento portland; ambas aplicadas sobre una base granular. El diseño es experimental. Como muestra se tuvo el material de cantera, se analizó este sin estabilizador alguno, y con cada uno de los estabilizadores mediante los ensayos de laboratorio con el fin de comparar los resultados en ambas partes; para el mejor análisis se consideró los siguientes porcentajes de emulsión asfáltica: 3, 5, 7% para obtener el contenido óptimo de la emulsión y el porcentaje de cemento abarca desde 3-16% dependiendo el tipo del suelo. Se tuvo como resultado que la estabilización con el cemento portland nos brinda un mayor resultado, como conclusión se obtiene que el cemento portland optimiza el porcentaje en cada dosis de estabilizador para reducir la cantidad y, por tanto; reducir los costes de material.

Figura 12.
CBR de las diferentes mezclas emulsión y cemento con 0.1" de penetración



(Divas, 2018), en su investigación como objetivo principal demostrar la estabilización de suelos finos aplicando emulsión asfáltica. El diseño es experimental. El desarrollo se realiza para subbases y bases de carreteras. La técnica se realiza en bases y sobre bases con TPDA muy bajo, tráfico menos denso, menor ductilidad y situaciones peligrosas donde el terreno existente es inestable con cierta humedad. La proporción de emulsión asfáltica añadida al tramo en estudio fue de 5-10%. Como conclusión se tiene que las emulsiones asfálticas pueden reducir la plasticidad del suelo en proporciones adecuadas. Esto aumenta la adhesión de las partículas del suelo y mejora la resistencia a la compresión, aumentar y mejorar así la capacidad de carga del vehículo.

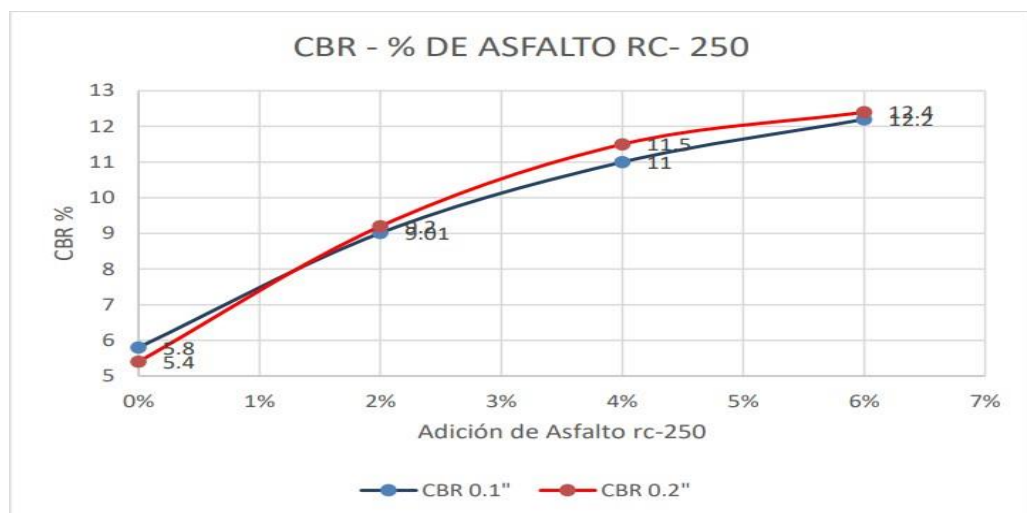
(Gamero, 2019), El propósito principal de la investigación es determinar la capacidad de carga de un suelo, que se caracteriza por ser arenoso arcilloso, mediante la aplicación de asfalto líquido. La metodología empleada es de tipo experimental. Para la recolección de datos, se llevará a cabo un análisis en el Jr. Nicolás Arriola, ubicado en la ciudad de Cajamarca. Se realizarán exploraciones a cielo abierto para realizar diversos ensayos, incluyendo la medición de

contenido de humedad, peso específico, análisis granulométrico y determinación de los límites de Atterberg.

El procedimiento consiste en evaluar el índice de una muestra patrón y, posteriormente, incorporar emulsiones asfálticas en porcentajes de 2%, 4% y 6% para realizar el estudio CBR.

Como conclusión, se observa que a medida que aumentan los porcentajes de asfalto, el valor del CBR incrementa, pasando del 5.8% al 12.8%.

Figura 13
Curva De CBR - % asfalto RC 250 Fuente: (Gamero, 2019)



2.2. Bases teóricas – científicas

(Rico & Del Castillo, 1977), nos menciona que la estabilización de suelos ha ido tomando un rol más importante con el paso del tiempo y más aún en las últimas décadas esto principalmente se debe a que al momento de realizar diversos estudios en un proyecto de obras viales se puede encontrar una gran diversidad de tipos de suelos, que pueden ser usados para diferentes rubros o fines, de los cuales nos presentará 3 posibles posibilidades entre las cuales se tendrá: Admitir y emplear el material el cual se ha tomado como muestra del lugar en

estudio.

- Descartar el material tomado ya que presenta características inadecuadas para el proyecto en estudio.
- Cambiar y alterar bajo diversos métodos las propiedades del material que se hasacado para un mejor aprovechamiento del suelo.

(Rico & Del Castillo, 1977), especifica que por último se tendrá una última alternativa, la cual será emplear la técnica de la estabilización de suelos, cada uno de los procedimientos ya mencionados nos resultará válido a los tipos de suelo, teniendo como consideración que no siempre mejorará las características del suelo en estudio debido a que solo nos aumentará y mejorará ciertas características del suelo, cabe resaltar que el suelo se verá afectado a distintos factores entre los cuales se tendrá: Tránsito, drenaje, variación de la temperatura, etc.

2.2.1. La Subrasante

(MTC, 2014), define como la subrasante a la capa superior de nuestro suelo natural. Al momento de realizar la construcción de vías, carreteras, la condición de nuestra capa va a depender principalmente del espesor que posee nuestro pavimento. Para evaluar este grado se utilizará ensayos para poder determinar la resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo capacidad de carga o cargas de tráfico. Asimismo, será necesario considerar la sensibilidad que poseerá nuestro suelo al proceso de humedad, para lo cual se deberá de considerar términos de resistencia como de fluctuaciones de volumen (expansión-contracción). Se identifican cinco tipos de plataformas:

Tabla 1
Categorías de Subrasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S0: Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Sub rasante regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Sub rasante buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Sub rasante muy buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Sub rasante excelente	De CBR ≥ 30%

Nota: Esta tabla nos muestra las categorías de Sub rasante en función al CBR.

Fuente: (MTC, Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos, 2014, pág. 35)

(MTC, Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos, 2014), hace mención que se considera un material adecuado para el suelo con CBR del 6% o más. Si es bajo, se elimina esta capa insuficiente de material y se establece que el material granular con un CBR superior al 6% se establezca.

2.2.2. Característica de un suelo estabilizado

(Anchundia, 2007) nos menciona que las propiedades que más destacan de un suelo estabilizado son:

- **Estabilidad volumétrica:** (Anchundia, 2007) como se sabe al momento en que el suelo se ve afectado con la presencia de humedad nos generará diversos cambios como pueden ser la expansión y contracción, esta a su vez también puede ser afectada por las actividades vehiculares por la zona en estudio, dicha expansión si no es controlada nos puede ocasionar consecuencias como grandes deformaciones, donde claramente afectará a nuestro pavimento como pueden ser las rupturas.

- **Resistencia mecánica:** (Anchundia, 2007), cuando un suelo se ve afectado a un mayor contenido de humedad se tendrá un bajo nivel de resistencia, asimismo ya sea que este a su vez presente un mayor porcentaje de material orgánico disminuirá la resistencia que este posee.
- **Permeabilidad:** (Anchundia, 2007), dicha propiedad está asociada con dos problemas básicos: la ubicación de los poros y el flujo de agua el cual usa el suelo como conducto. La porosidad excesiva provoca deslizamientos de tierra, donde el flujo de agua puede provocar diversos fenómenos.
- **Durabilidad:** (Anchundia, 2007), menciona que este concepto guarda relación con la resistencia al intemperismo y a la solidez, asimismo erosión o también llamado abrasión del tráfico.
- **Compresibilidad:** (Hernández, 2016), especifica que viene a hacer una propiedad fundamental del suelo, donde al cambiar el tamaño y la dirección de las fuerzas entre los objetos, permitirá cambiar la resistencia del suelo al esfuerzo cortante. Cuya finalidad principal de la estabilización del suelo será la de examinar la expansión, reducir la plasticidad, aumentar la durabilidad, reducir la permeabilidad, todo esto con la finalidad de poder permitir que el material sea eficaz para el tipo de suelo previsto.

2.2.3. Tipos de Emulsiones Asfálticas

- Según (Hernández, 2016), se entiende por emulsión que es un líquido compuesto por 02 sustancias inmiscibles, una siempre hidrófila (mezclada con agua) y la otra lipófila (con aceite o grasa) teniendo en cuenta pasaremos a estipular papeles, una debe estar en “fase continua” y la otra en la “fase discreta” lo que resalta que se tiene en pequeñas gotas o partículas.
- **Emulsiones directas:** (Hernández, 2016), las emulsiones que se consideran están compuestas por una fase dispersa hidrocarbonada,

donde el agua se dispersa en ella. Esto significa que la fase continua (dispersante) es líquida (agua), mientras que la fase dispersa es un líquido viscoso (aceite). Estas emulsiones se activan con las propiedades del agua debido a su naturaleza iónica, lo que las hace comportarse de manera similar a un electrolito.

- **Emulsiones inversas:** (Hernández, 2016), estas emulsiones se refieren a aquellas en las que la fase dispersa es agua y la fase continua es aceite, lo que las convierte en fluidos no iónicos. Además, se clasifican según el tipo de emulsificante utilizado, siendo las emulsiones catiónicas y aniónicas.
- **Emulsión aniónica:** Se distingue por el agente emulsificante que otorga una carga negativa a las partículas de asfalto.
- **Emulsión catiónica:** Se define por el agente emulsificante que posee una polaridad o carga positiva hacia las partículas de asfalto.

Además de actuar como estabilizantes, las emulsiones asfálticas pueden clasificarse según el tipo de emulsificante utilizado. Otro aspecto relevante es su clasificación según el proceso de rompimiento, que se refiere a la evaporación del agua presente en la emulsión asfáltica. (Hernández, 2016, pág. 14)

- **De rompimiento rápido:** (Gamero, 2019), se utiliza para regar aleaciones y compartimentos en sistemas de riego.

Tabla 2
Especificaciones De CRR-1 O CRS-1

Descripción general:	
Líquido viscoso	
Propiedades Físicas	
Sedimentación, 5 días, %	> 57
Estabilidad al almacenamiento en 24h, %	1.0 % máx.
Viscosidad	20 - 100
Residuo asfáltico, %	60 % mín.
Propiedades del Residuo Asfáltico	
Penetración, 25°C, 100 g, 5s	100 – 250
Solubilidad en Tricloroetileno	97.5
Ductilidad, 25 °C, 5 cm/min, cm	40 mín.

Nota: Esta tabla nos muestra las propiedades de una emulsión asfáltica catiónica de rompimiento rápido CRR-1 o CRS-1 establecidas por las normas (ASTM D 2397, 2005) y la (NTP 321.059, 2014).

Fuente: Bitúmenes del Perú S.A.C. – BITUPER S.A.C

- **De rompimiento medio:** (Gamero, 2019), se utiliza para dobladoras en frío fabricadas en fábrica y operaciones de almacenamiento de amortiguadores, niveladoras, dobladoras, etc., especialmente cuando el contenido de grano es del 2% o menos.
- **De rompimiento lento:** (Gamero, 2019), se utiliza para estabilizar aglutinantes fríos y betún fabricado en fábrica.

Tabla 3
Tabla 3. Especificaciones de CSS-1

Descripción general:	
Viscosidad Baja	
Propiedades Físicas	
Contenido de cemento asfáltico	> 57
Estabilidad al almacenamiento en 24h, %	< 1.0
Viscosidad	20 - 100
Potencial de hidrogeno, Ph	Máximo 6
Propiedades del Residuo Asfáltico	
Penetración, 25°C, 100 g, 5s	100 – 250
Solubilidad en Tricloroetileno	97.5
Retenido en Tamiz #20, %	< 0.10

Nota: Esta tabla nos muestra las propiedades de una emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento CSS-1 establecidas por las normas (ASTM D 2397, 2005) y la (NTP 321.059, 2014)

Fuente: PAM

- **Super estables:** Se utiliza **para** estabilizar material y restaurar el suelo.

2.2.4. Emulsiones Asfálticas

(Ulloa, 2012) Se describe que las emulsiones asfálticas son una mezcla compuesta por los tres elementos principales: betún, agua y una cantidad específica de emulsionantes. Esto permite la unión de dos sustancias distintas. Debido a estas químicas, él no se puede combinar.

Después de la mezcla, se emplea un molino coloidal o un dispositivo especial para reducir las partículas de betún a un tamaño lo suficientemente pequeño para que puedan unirse con el emulsionante. Este tercer componente, el emulsionante, evita o ralentiza la separación entre el betún y el agua, lo que mantiene la combinación estable durante un período prolongado. En ocasiones, la emulsión asfáltica puede contener otros aditivos, como estabilizadores,

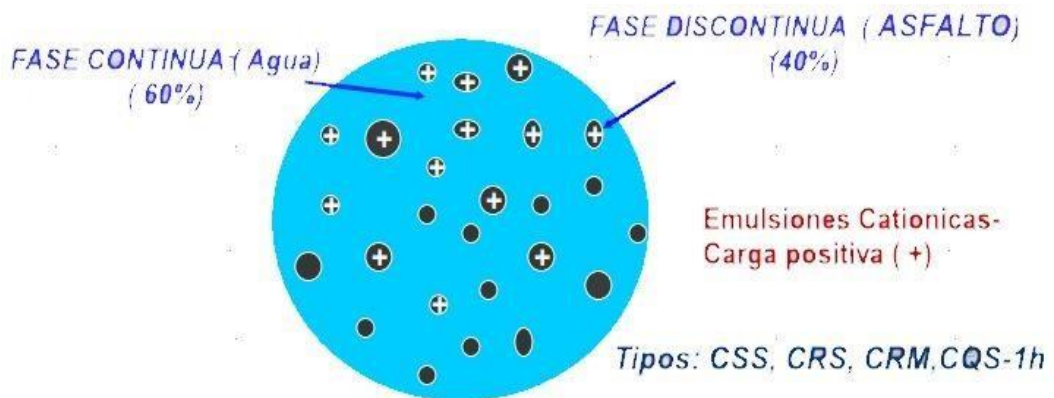
aceleradores de revestimiento, inhibidores de rotura o inhibidores de grietas.

- **Definición de Emulsión Asfáltica:**

(Anchundia, 2007) Se definen como emulsiones inmiscibles (agua asfáltica), emulsionantes, emulsionantes o micro dispersantes más o menos estables de un líquido a otro, unidos por un emulsionante. Las emulsiones asfálticas consisten en rociar micropartículas de cemento-asfáltico dentro de un medio acuoso (agua), sin que ambos se MEZCLEN entre sí.

Se ha observado que la composición más frecuente consiste en un 40% de cemento asfáltico y un 60% de una solución jabonosa. Esta solución está compuesta por ácido clorhídrico (1%), agua potable (98%) y emulsificante (1%).

Figura 14
Diagrama Esquemático de una Emulsión Asfáltica



2.2.5. Estabilización del suelo con emulsión asfáltica

Para un proyecto de construcción de carreteras que requiera un estudio del suelo, se presentarán tres opciones, una de las cuales consistirá en mejorar las características del suelo mediante la estabilización del mismo. El propósito es mejorar las especificaciones técnicas que el suelo presenta en el estudio, (Hernández, 2016) menciona a la estabilización del suelo como una mezcla de un

suelo con la adición de un aditivo para que aumente las condiciones que esta posea. Entre los diversos aditivos utilizados en el mejoramiento del suelo, se encuentran el aceite de petróleo, la cal, las cenizas, el cemento, el asfalto, las resinas naturales y los polímeros. Cada uno de estos aditivos se aplica en diferentes tipos de suelos debido a que no todos tienen las mismas propiedades y reaccionan de manera distinta al ser empleados en cada tipo de suelo. Por ejemplo, el cemento, el asfalto y las cenizas se emplean principalmente en suelos granulares debido a las propiedades que poseen, mientras que la cal se utiliza en suelos arcillosos. La estabilización de los suelos mediante el uso de emulsiones asfálticas implica mezclar distintos elementos, incluyendo minerales con suelos finos, arenas o gravas de tamaño similar, agua y, en ocasiones, aditivos. Esta mezcla se utiliza para formar el material utilizado en las diferentes capas que conforman la construcción de una obra vial, como el subsuelo y la base. Esta combinación se agrega a las mezclas frías, donde se mezcla el ligante asfáltico en emulsión con el material en su estado natural, cuyo principal punto de partida es mejorar sus propiedades de durabilidad.

El aglutinante, la mezcla fría, que se entrega como una película, encapsula aún más algunos o todos los componentes minerales, lo que permite que el material logre una buena resistencia, una absorción y una adhesión reducidas. Utilice aglutinantes bituminosos en una amplia gama de procesos.

(CE020, 2012), nos menciona que se utiliza asfalto o betún para asegurar la impermeabilidad, cohesión y conservación de los suelos. En suelos de fricción, la estabilidad mecánica se puede considerar además de las propiedades químicas. La estabilidad de cada suelo debe estudiarse individualmente según las dimensiones de las partículas del suelo, la plasticidad, la densidad y otras

propiedades.

(CE020, 2012), se proporcionará información indicando que para un peso específico del material a utilizar de 1.64 gr/cm³, se requerirá un 10% de asfalto. Sin embargo, para un peso específico de 1.75 gr/cm³, no será necesario aplicar el asfalto, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

Tabla 4
Contenido de Asfalto para Estabilizar

Contenido de Asfalto Para Estabilizar						
Contenido de asfalto (%)	0	2	4	6	8	10
Peso Específico del Material (gr/cm ³)	1.75	1.71	1.68	1.66	1.64	1.64

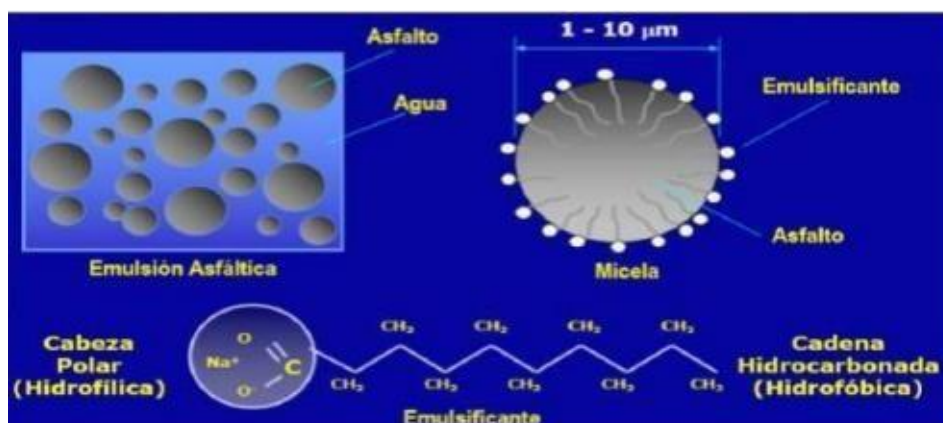
Nota: Esta tabla nos muestra el porcentaje de contenido de asfalto en relación al peso específico.

Fuente: (CE020, 2012, pág. 5).

2.2.6. Emulsificante

(Pavimentos, 2014), se explica que el emulsificante consiste en una mezcla de asfalto con agua, la cual solo puede ser combinada en un entorno cuidadosamente controlado. Una analogía para entenderlo es compararlo con un mecánico que intenta lavarse las manos grasosas solo con agua, necesitando detergente o jabón para eliminar la grasa. En este caso, las partículas de jabón rodean las esferas de grasa, reducen la tensión superficial que las mantiene unidas y permiten su remoción. De manera similar, los principios fisicoquímicos se aplican al uso de emulsiones bituminosas, cuya finalidad es estabilizar la dispersión del cemento bituminoso en agua. El emulsionante en este contexto actúa como un surfactante, manteniendo las gotas de asfalto en suspensión y controlando las condiciones climáticas para asegurar su estabilidad.

Figura 15
Estructura molecular del emulsificante.



Fuente: Thenoux, 2014

(Pavimentos, 2014), el tiempo de fractura es un factor determinante si una emulsión se clasifica como aniónica. Catiónico o no iónico. Los emulsionantes aniónicos más habituales son los derivados del petróleo como los ácidos grasos y los aceites (resinas, lignina, etc.). Estos emulsionantes aniónicos se saponifican (se convierten en jabón) por reacción con soda o potasa. Los emulsionantes catiónicos son principalmente aminas grasas, que se convierten en jabones cuando reaccionan con ácidos (generalmente ácido clorhídrico). Otro tipo de emulsionante es la sal grasa de amonio cuaternario que se utiliza para la emulsión. Los emulsionantes catiónicos son sales solubles en agua que no requieren la adición de. Ácido, es un emulsionante estable y eficaz.

2.2.7. Estabilización de Suelos

(Anchundia, 2007), la estabilización del suelo se define como un procedimiento que busca mejorar y modificar las propiedades del suelo existente mediante la incorporación de materiales con el propósito de extraer suelos de baja calidad y evitar su remoción. Este proceso comprende una serie de acciones químicas, físicas y fisicoquímicas que buscan alterar las características del suelo para adaptarlo a una aplicación específica en la construcción, asegurando que el

material sea apto para su uso.

También indica que las propiedades que necesitan ser mejoradas, o más importantes, son el comportamiento bajo carga, cambios de volumen por cambios de humedad, impermeabilidad y claridad.

2.2.8. Ensayos Principales

- Ensayo CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) MTC E132:

Según (Menéndez, 2016), la prueba CBR es una evaluación indirecta de la capacidad de impermeabilización de un suelo y suele ser utilizada para obtener un índice que refleje dicha capacidad en suelos utilizados en pavimentos para carreteras y aeródromos.

El objetivo de esta prueba consiste en determinar en laboratorio la compactación y capacidad de carga de suelos inclinados (CBR) con diferentes niveles de humedad óptima y distintos grados de compactación en capas como base y subrasante. Esta prueba es útil para evaluar la calidad y condiciones del suelo en estudio. Mediante esta prueba, podremos evaluar la resistencia al corte del suelo en condiciones controladas de humedad y densidad para el sustrato.

El porcentaje CBR se refiere a una muestra estandarizada y sometida a pruebas, donde se mide la fuerza necesaria para que un pistón estandarizado penetra a una profundidad específica y a una velocidad determinada, y luego se expresa como el porcentaje de la fuerza requerida para que el pistón penetre a la misma profundidad y velocidad en una muestra estándar del suelo. Generalmente, el valor del CBR se determina utilizando una relación de carga de penetración de 2,5 mm (0,1 "). Sin embargo, si el valor del CBR a una penetración

de 5 mm (0,2 ") es alto, se debe repetir la prueba. Según el resultado del CBR durante la prueba, si se obtiene un valor alto, es necesario repetirla. Si la penetración de 5 mm o más se repite, ese valor se considera válido para la prueba. El ensayo CBR se llevó a cabo en una muestra compactada con el contenido de humedad óptimo obtenido del ensayo de compresión Proctor. (Menéndez, 2016).

Figura 16
Ensayo CBR Relación de Soporte California.



Fuente: Caminos LCweb

- **Ensayo de Permeabilidad:**

(Braja M Das, 1999), se indica que los huecos o espacios entre las partículas del suelo permiten que el agua se desplace a través de ellos. En los estudios de suelos e ingeniería, es necesario saber el porcentaje de flujo que penetra por el suelo al mismo tiempo. Se sabe que conocer lo anterior es necesario cuando se diseñan presas de tierra, se determinan las entradas a las instalaciones de agua y drenaje antes de

la construcción y durante la construcción de los cimientos.

2.2.9. Diseño de mezcla

El propósito de este método es encontrar el porcentaje ideal de materiales bituminosos que ofrezcan la estabilidad mínima requerida para resistir las fuerzas a las que están expuestos.

Debido a que hay muchas personas que no están familiarizadas con el estudio de la estabilización del suelo mediante emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, no existe una prueba o fórmula específica para su aplicación. No obstante, el California Bearing Ratio (CBR) es un indicador que evalúa la capacidad de carga del suelo y es comúnmente utilizado en bases, subrasantes y cimientos, por lo que se considera una prueba relevante en estos casos. Vamos a añadir diversas proporciones de emulsiones asfálticas a la subrasante para determinar posteriormente si este estabilizador incrementará o reducirá la capacidad de soporte del suelo en la carretera en cuestión. (Suxe, 2018).

Debido a la ausencia de una fórmula estandarizada para calcular el porcentaje teórico de emulsión, se empleó uno de los dos métodos proporcionados por el Instituto de Asfalto para determinar el porcentaje de emulsión asfáltica en la mezcla.

Donde:

$\%E =$

$$0.032 * a + 0.045 * b + Kc + K$$

% Residuo de la Emulsión

- **E** : Porcentaje óptimo Teórico de Emulsión Asfáltica
- **a** : Porcentaje que queda retenido de la malla #10

- **b** : Porcentaje que pasa de la malla #10 y Retiene la malla #200
- **c** : Porcentaje que pasa por la Malla #200
- **K** : 0.20 si el valor (c) está entre los intervalos 11 y 15 %
 : 0.18 si el valor (c) está entre los intervalos 6 y 10 %
 : 0.15 si el valor (c) está menos del 5 %.

2.3. Definición de términos básicos

- **Aglomeración:** Acción en donde dos o más partículas se combinan para formar partículas más grandes. En este caso, el área total será menor. Si pierde la identidad de la cuenta original en el proceso. (IMT, 2001)
- **Asfalto:** Es un material altamente adhesivo e impermeable que es altamente resistente al flujo bajo tensiones momentáneas y cargas permanentes. Aprovechando estas propiedades, el asfalto puede realizar las siguientes funciones en trabajos de pavimentación:

 Dado que no se ve afectado por la estructura del suelo, no se ve afectado fácilmente por la humedad y es eficiente contra la entrada de agua debido a la precipitación.

 Proporciona un acoplamiento y aglutinación ajustados entre agregados que pueden resistir los efectos destructivos mecánicos causados por las cargas del vehículo.

 También se mejora la cabida de carga de la estructura del y se puede reducir el grosor. (Velásquez, 1989)
- **Coagulación:** Es la acción en donde dos partículas se combinan para formar partículas más grandes. No se pierde la identidad de la partícula original. En este caso, la superficie total no se reduce y solo se desactivan determinadas páginas activas. (IMT, 2001).

- **Emulsiones:** Una emulsión se puede definir como una fina dispersión en la que un líquido es más o menos estable que otro. No son mezclados entre sí y están unidos por un emulsionante, emulsionante o emulsionante. Una emulsión es una combinación de dos fases, parcial o completamente inmiscibles, donde una de ellas actúa como fase continua (o dispersante) y la otra como fase discreta (o dispersa). (IMT, 2001).

- **Límite Plástico:** Se define como el contenido de humedad del suelo (expresado en porcentaje) que se envuelve en fibras con un diámetro de 3,2 mm. Este valor se considera un límite mínimo para el suelo plástico. El ensayo implica hacer rodar de manera repetida una masa elíptica de suelo sobre una placa de vidrio esmerilado de índice plástico (IP). El índice de plasticidad es la diferencia entre los límites líquido y plástico. (Braja, 2015).

- **Partícula del Suelo:** Para caracterizar el suelo en función a las dimensiones de las partículas, varios tejidos hicieron un desarrollo de límites de separación del tamaño del suelo. Los guijarros son fragmentos de rocas irregulares que contienen partículas de cuarzo, feldespato y otros minerales. La arcilla se compone principalmente de micro y micro partículas de placa de mica, minerales arcillosos, entre otros.

 Como se mencionó anteriormente, la arcilla se caracteriza comúnmente por tener partículas de menos de 0,002 mm. Sin embargo, en ciertas ocasiones, las partículas pueden variar en tamaño entre 0,002 y 0,005 mm. Estas partículas no contienen necesariamente minerales arcillosos y, por lo tanto, se clasifican como arcilla en función del tamaño. La arcilla se define como partículas que "se vuelven plásticas cuando se mezclan con una cantidad limitada de agua". (Braja, 2013)

- **Permeabilidad:** La permeabilidad del suelo, es decir, la capacidad del agua

para atravesar los poros, se ejemplifica en diferentes situaciones, como la perforación de pozos en una capa de arcilla, la velocidad de consolidación de una capa de arcilla bajo el peso de un relleno, y también en pozos abiertos de arena bajo agua. Por lo tanto, es crucial investigar y determinar la permeabilidad del suelo debido a su relevancia en diversas circunstancias. (Angelone, Garibay, & Cauhapé, 2006)

- **Sistema de Clasificación AASTHO:** Conforme a este sistema, los suelos se dividen en siete grandes grupos, A1 a A7. Los suelos que clasifican en los grupos A1, A2 y A3 son granulares, de los cuales el 35%, o suelos con partículas menos, pasan por el No. 200. Suelo donde más del 35% de los pasan por el tamiz n. 200 se dividen en grupos A5, A6, A7. (Braja, 2015).
- **Sistema de Clasificación SUCS:** La primera forma de este tipo de sistema de clasificación y caracterización de los suelos fue propuesta por Casa Grande en 1948 para la construcción del aeródromo por ingenieros del ejército en la Segunda Guerra Mundial. Su sistema se modificó en 1952 en colaboración con el Departamento de Pioneros de los Estados Unidos. Actualmente es ampliamente aprovechable por ingenieros (ASTM D287). El suelo se divide aproximadamente en dos categorías. Los suelos gruesos son suelos naturales de grava y arena con una transición de a 200 de menos del 50%. Para la identificación del grupo en que pertenece el suelo se tiene las letras como prefijo G o S. G es para grava o grava y S para arena o tierra y arena. Suelo de grano fino con más del 50% sobre el recuento. 200, prefijo M. Representa la inundación inorgánica, donde C representa arcilla inorgánica y O representa limo y arcilla orgánicos. La representación Pt se utiliza para turba, limo y otros suelos altamente orgánicos. (Braja, 2015).
- **Suelo:** El suelo es una sustancia que se degrada lentamente y se encuentra en

la corteza, todas formando agregados de partículas orgánicas e inorgánicas, con texturas que cambian rápidamente con las mismas propiedades distintas. Los cambios rápidos en las direcciones vertical y horizontal determinan la estructura típica del suelo. Excelente uso en obra de ingeniería civil. (Sainz & Jové, 2010)

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La adaptación de la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta aumenta la estabilidad y capacidad portante de la subrasante, en zonas altoandinas.

2.4.2. Hipótesis Específica

- características y propiedades de la subrasante se encuentran en condiciones deficientes en zonas altoandinas.
- La capacidad portante CBR aumenta progresivamente incorporando la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.
- El índice de permeabilidad incrementa significativamente en la subrasante haciéndolo menos sensible a los cambios de la humedad.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable Independiente

- **Emulsión Asfáltica:** Se encuentra dispersa de forma estable pequeñas partículas de agua del asfalto como el betún y, gracias al emulsionante, no se mezcla con el agua y disuelve y mezcla dos tipos de betún. La emulsión asfáltica es un líquido estabilizado compuesto por dos fases inmiscibles, donde la fase continua de la emulsión está compuesta por pequeñas partículas de hormigón bituminoso. (Almeida & Ernesto, 2017).

2.5.2. Variable Dependiente

- **Estabilización de la Subrasante:** La subrasante viene a ser el soporte directo de la estructura pavimentada y es parte de un prisma de carretera construido a partir de una base de piedra natural o una pasarela pavimentada. (MTC, Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos, 2014)

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 5
Matriz de Operacionalización de variables

TITULO:					
EMULSIÓN ASFALTICA CATIONICA DE ROTURA LENTA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE EN ZONAS ALTOANDINAS, TRAMO PE-18-UCHUCCHACUA-DESVÍO CERRO DE PASCO -2023.					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTES "Emulsión Asfáltica"	Es una dispersión estable de pequeños glóbulos de asfalto de agua como el asfalto y el agua son inmiscibles, por medio de un agente emulsificante se lo de la disolución y la mezcla de los dos. Las emulsiones asfálticas son los materiales asfálticos líquidos estables constituidos por dos fases, no miscibles en las que se en las que la fase continua de la emulsión está formada por pequeños glóbulos de cemento asfáltico.	En la presente investigación el porcentaje de la emulsión asfáltica para el ensayo de CBR fue de 3, 7 y 11% con el objetivo de comprobar cuánto ha mejorado la subrasante, teniendo en cuenta que el CBR debe de estar al 95%, cabe resaltar que dichos resultados nos permiten caracterizar la mezcla suelo-emulsión.	Dosificación	Agua (litros)	L
				Emulsificante (0.1-1.8%)	%
DEPENDIENTES "Subrasante"	La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construyen del	La subrasante según la a clasificación por el Sistema AASHTO comprende a un A-7 viene a ser un LH (limo de alta plasticidad) este se encuentra con un índice de plasticidad alta por lo	Propiedades físicas del suelo	Índice granulométrico	Tamiz
				Contenido de humedad	%
				Proctor Modificado	gr/cm3
				Límites de Atterberg	-
				Índice de CBR	%

terreno natural allanado
explanada del pavimento.

o cual es clasificado como suelo
arcilloso, el Índice de Grupo se
encuentra entre 4-9 que viene a ser
un suelo de subrasante insuficiente.

Propiedades
mecánicas del
suelo

Índice de
Permeabilidad

m/s

Clasificación de
suelos

A-1-a
A-1-b
A-2
A-3
A-4
A-5
A-6
A-7

CAPITULO III.

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. En razón de los propósitos de la investigación

(Muñoz, 2015), nos hace mención que, a diferencia de los estudios teóricos, los estudios prácticos o aplicados buscan o apuntan a la aplicación inmediata de los conocimientos adquiridos. Creo que ambos son necesarios, uno no puede existir sin el otro, ya que regresan y se reparan. Finalmente, tarde o temprano, aplicando los conocimientos adquiridos de la ciencia teórica o pura, podemos comprender el valor de la ciencia práctica.

(Gomez, 2012), nos especifica que es la aplicación práctica de métodos e investigación.

(Maya, 2014), aclara que, esta se basa en avances en la investigación fundamental, en particular para aplicaciones de nivel de ingeniería, y en resultados prácticos. Tener énfasis en la práctica los resultados de una investigación básica

Se tendrá una INVESTIGACIÓN APLICADA, debido a que se va poner en uso las emulsiones asfálticas para la estabilización a subrasantes de

bajacapacidad portante en el Tramo PE-18-Uchucchacua – Desvío Cerro de Pasco, en la presente investigación Emulsión Asfáltica Catiónica De Rotura Lenta Para Estabilizar Subrasantes De Baja Capacidad Portante En Zonas Altoandinas, TramoPE-18-Uchucchacua - Desvío Cerro De Pasco-2023.

3.1.2. En razón de la naturaleza de los problemas

(Muñoz, 2015), define que es un tipo de investigación más detallada. Sin duda, para llegar a estos niveles es posible estudiar el mucho más informativo y por tanto enfocarse en encontrar la causa, causa o determinante del evento o fenómeno en estudio. Se tendrá una INVESTIGACIÓN DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS – EXPLICATIVA, debido a que vamos a determinar en qué porcentaje las emulsiones asfálticas contribuyen en la estabilización de la subrasante de baja capacidad portante en zonas altoandinas de nuestra investigación, para lo cual la Emulsión Asfáltica Catiónica De Rotura Lenta Para Estabilizar Subrasantes De Baja Capacidad Portante En Zonas Altoandinas, TramoPE-18-Uchucchacua - Desvío Cerro De Pasco-2023.

3.1.3. En razón al diseño metodológico empleado

(Baena, 2018), se hace referencia a que la investigación experimental o empírica consiste en manipular la variable que no ha sido probada previamente bajo condiciones cuidadosamente controladas, con el propósito de explicar los métodos o causas de una situación o evento específico.

(Gomez, 2012), hace mención que, esta es una operación sobre variables experimentales no probadas. Trate de explicar cómo o por qué ocurre la anormalidad u objeto de estudio. La reproducción del fenómeno en una situación controlada se conoce como Experimento.

Por lo que se obtendrá una INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL, ya que

en nuestra investigación realizaremos ensayos como instrumento y el análisis de los suelos arenosos, de las Emulsión Asfáltica Catiónica De Rotura Lenta Para Estabilizar Subrasantes De Baja Capacidad Portante En Zonas Altoandinas, Tramo PE-18-Uchucchacua - Desvío Cerro De Pasco-2023.

3.1.4. En razón al enfoque de la investigación

(Muñoz, 2015), define a una investigación cuantitativa como un diseño que concibe como un plan o estrategia para resolver el problema propuesto al que pertenece el tema de estudio y debe ser explicado en detalle, dependiendo del tipo de realidad que corresponda a las habilidades. Por lo que nuestro enfoque será una INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA, aplicaremos la estadística en el análisis de datos que vamos a obtener por los ensayos de medida a cuanto % de emulsión asfáltica aplicaremos a la subrasante en el proyecto Emulsión Asfáltica Catiónica De Rotura Lenta Para Estabilizar Subrasantes De Baja Capacidad Portante En Zonas Altoandinas, Tramo PE-18-Uchucchacua - Desvío Cerro De Pasco-2023.

3.2. Nivel de investigación

“El nivel de investigación se entiende por la profundidad con que se analiza el fenómeno u objeto de investigación.” (Arias, 2006)

Se tendrá un nivel de investigación EXPLICATIVA, debido a que vamos a determinar en qué porcentaje las emulsiones asfálticas contribuyen en la estabilización de la subrasante de baja capacidad portante en zonas superiores a los 3000 msnm de nuestra investigación, Emulsión Asfáltica Catiónica De Rotura Lenta Para Estabilizar Subrasantes De Baja Capacidad Portante En Zonas Altoandinas, Tramo PE-18-Uchucchacua - Desvío Cerro De Pasco-2023.

3.3. Métodos de investigación

(Baena, 2018), señala y describe como es la forma en la que se puede percibir la realidad del cual proviene un objeto relacionándose entre ambas. El método general utilizado es el DIALECTICO ya que no descuidaremos la interrelación de las variables, posterior a eso nosotros establecemos nuestros objetivos para mejorar la estabilidad de las subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.

(Baena, 2018), considera que los métodos empíricos son procedimientos científicos que le permiten crear relaciones empíricas entre variables y probar la autenticidad de hipótesis, leyes o modelos a través de experimentos controlados. El método específico que se desarrollará es EXPERIMENTAL ya que realizaremos ensayos y manejo de las variables, posterior a eso nosotros establecemos nuestros objetivos para mejorar la estabilidad de las subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.

3.4. Diseño de Investigación

(Muñoz, 2015), hace referencia Esquematizar una exploración implica acarrear a la práctica concreta los postulados del dialéctico estudiado y del proceso de análisis, trazar las tareas y decidir las metodologías que se disfrutarán para la recolección, el procesamiento y la exploración de los datos o la información. Por consiguiente, el diseño, viéndolo en lo práctico, entraña la planeación, además la programación en que se detalla todas las acciones necesarias para llevar a cabo la observación.

A continuación, se especifica la estrategia que planteamos para resolver las deficiencias que se tiene en las subrasantes en el Tramo PE-18-Uchucchacua – Desvío Cerro de Pasco. Con la finalidad de brindar buen servicio a las vías,

nuestra investigación dispone con un diseño EXPERIMENTAL, ya que se concentra en la validación de la hipótesis, a través del manejo deliberado de nuestras variables.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

“Es el subconjunto representativo del todo o la población que refleja lealtad a los detalles de la población.” (Valderrama, 2016, pág. 184).

La población de este proyecto en estudio será el Tramo PE-18-Uchucchacua – Desvío Cerro de Pasco, Provincia de Pasco Región Pasco.

El tramo es clasificado como Trocha Carrozable, consta de 46+008 km. (DG, 2018), se indica que las trochas carrozables son caminos transitables

que no cumplen con las características geométricas de una carretera típica y generalmente tienen un Índice de Movilidad y Accesibilidad (IMDA) menor a 200. Estos caminos deben tener al menos 4 m de ancho. En este caso, la carretera resultante se ensanchará al menos cada 500m en la intersección.

3.5.2. Muestra

(Valderrama, 2016, pág. 193), hace mención que, para este tipo de muestreo, la selección debe depender del investigador por conveniencia y criterio.

Para la presente investigación se tomarán muestras de suelos arenosos del tramo PE-18-Uchucchacua – Desvío Cerro de Pasco, Provincia de Pasco estabilizados con emulsiones asfálticas con distinto porcentaje y como muestra utilizaremos estos suelos mediante extracciones a cielo abierto.

(MTC, Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos, 2014, pág. 28), nos menciona que para la Clasificación ya mencionada se deberá de realizar cada 3 km un ensayo CBR para

lo cual se realizará el estudio en 3 km:

Tabla 6
Cantidad de ensayos de CBR

Cantidad de Exploración a Cielo Abierto	
Cantidad de exploración cada 3 km	1
Cantidad de exploración en Total	3

De acuerdo a la (NTP 339.175, 2002). Se realiza 3 muestras como mínimo del suelo y 1 muestra por cada uno de los % de emulsión Asfáltica, sacando el ensayo CBR para cada una de ellas, tal cual se muestra en la (Tabla 6):

Tabla 7
Cantidad de Muestras por Calicata

Muestras	Especímenes	Ensayo	Norma	Ensayo	Norma
Muestra (Subrasante)	1	CBR	NTP.339.175 ASTMD – 1883	Permeabilidad	NTP.339.156 ASTM D - 5084
Con 3% de Asfalto	1	CBR	NTP.339.175 ASTMD – 1883	Permeabilidad	NTP.339.156 ASTM D - 5084
Con 7% de Asfalto	1	CBR	NTP.339.175 ASTMD – 1883	Permeabilidad	NTP.339.156 ASTM D - 5084
Con 11% de Asfalto	1	CBR	NTP.339.175 ASTMD – 1883	Permeabilidad	NTP.339.156 ASTM D - 5084
TOTAL	4				

En total se realizará 4 muestras por una calicata, a continuación, se analizará la cantidad total de ensayo de capacidad de soporte CBR en todo el tramo.

Tabla 8
Cantidad de Muestras De Estudio en el Tramo PE-18-Uchucchacua – Desvío Cerro de Pasco

Ensayo	Cantidad de Muestras
CBR	4

3.5.3. Muestreo

(Muñoz, 2015), nos menciona que estas muestras no se basan en procedimientos estadísticos, sino en las decisiones del investigador. Nótese que este tipo de muestra no sigue un procedimiento probabilístico y tiene ventajas en términos de costo y tiempo, pero tiene el inconveniente de que es difícil confirmar los resultados esto debido al ser un fenómeno es un muestreo no probabilístico de tipo intencional, para lo cual se escogerá la parte más culminante del tramo en estudio que en este caso es: Tramo PE-18-Uchucchacua – Desvío Cerro de Pasco.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el presente trabajo de investigación se utilizó la técnica de recolección de datos experimental, ya que se realizó ensayos de campo y laboratorio.

Los instrumentos de recolección de datos utilizados en este estudio fueron:

- Delimitación del tramo en estudio.
- Exploración a cielos abiertos
- Estratigrafía del suelo.
- Ficha Técnica de Emulsiones Asfálticas Catiónicas
- Ficha técnica para ESPECIFICACIONES TÉCNICAS – Z ADITIVOS
- Formato para el ensayo de granulometría
- Formato para los ensayos de Límites de Atterberg
- Formato para ensayo de permeabilidad
- Formato para el ensayo de Proctor

- Formato para ensayo de valor relativo de soporte CBR
- Formato para ensayo de contenido de humedad

Tabla 9
Instrumentos de recolección de datos

N°	DESCRIPCIÓN ENSAYOS	NORMA		
		ASTM	NTP	MTC
1 Ensayos de Laboratorio (Estándar)				
1.1.	Excavación a Cielos Abiertos	--	--	--
1.2.	Muestreo del Suelo	D -4220	339.151	--
2 Ensayos de Laboratorio (Especial)				
2.1.	Contenido de Humedad	D -2216	339.127	MTC E - 108
2.2.	Análisis Granulométrico	D -422	339.128	MTC E - 107
2.3.	Límites de Consistencia	D -4318	339.129	MTC E 110-112
2.4.	Clasificación de Suelos	D -2487	339.134	--
2.5.	Proctor Modificado	D -1557	339.141	MTC E - 115
2.6.	CBR (California Bearing Ratio)	D -1883	339.145	MTC E - 132
2.7.	Ensayo de Permeabilidad	D -5084	339.147	--
2.8.	Emulsión Asfáltica	--	--	CE.020

Nota. Cantidad de ensayos que utilizaremos 8, ya que nos ayudará a cumplir con todos nuestros objetivos generales y específicos.

Fuente: Elaboración Propia

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.7.1. Procesamiento

Estadística inferencial: (Hernandez, 2014) menciona que el objetivo de una investigación no solo se centra en las distribuciones de las variables sino también hace énfasis en probar hipótesis y universalizar los resultados obtenidos en base a la muestra de la población.

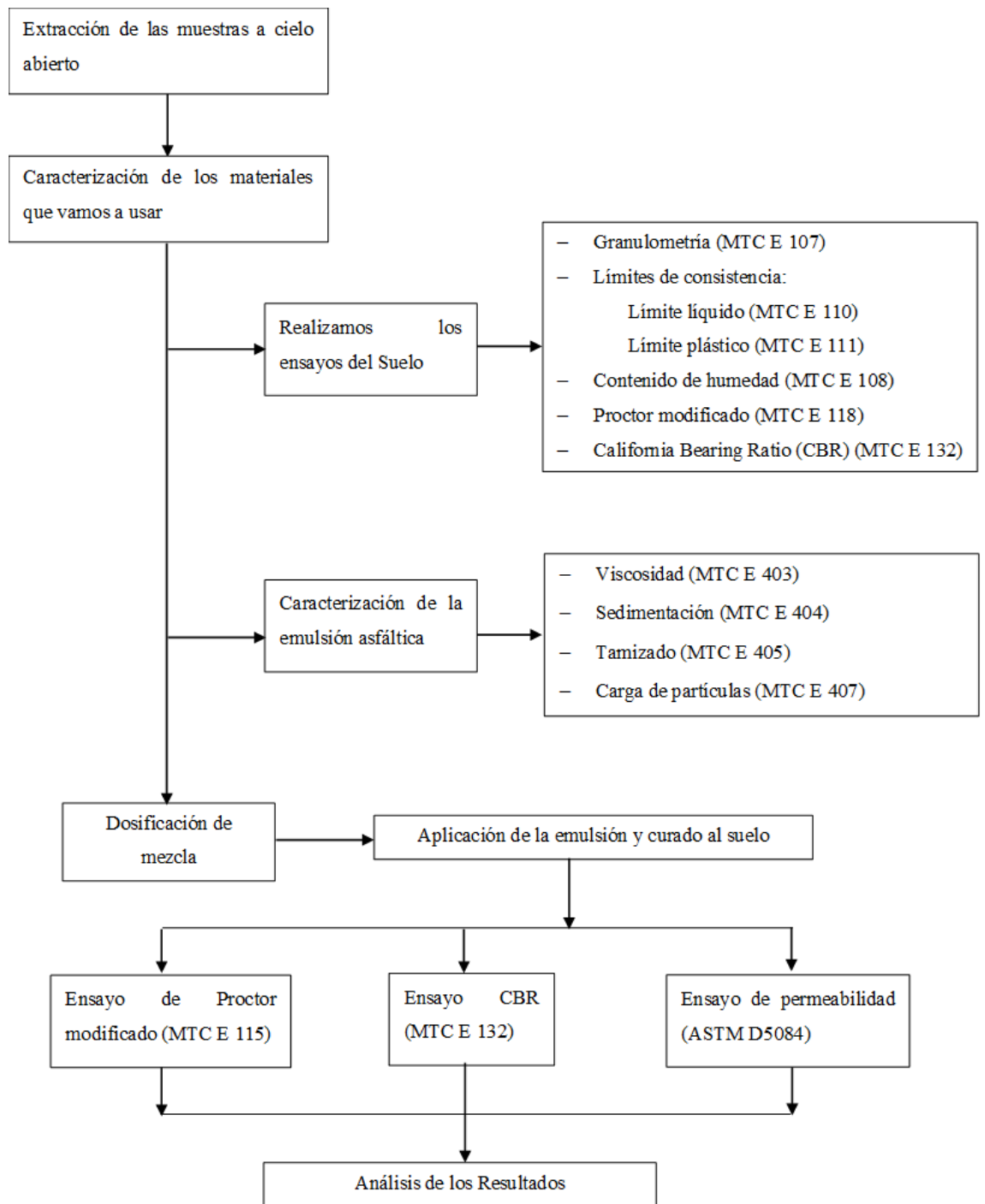


Figura 17. Diagrama de flujo del procedimiento. Nota. Elaboración de Diagrama de Flujo de Procedimiento

Fuente: Elaboración Propia

3.7.2. Método de Análisis de Datos

En este estudio, la variable dependiente cambia. Por esta razón, la interpretación de los datos depende de las muestras analizadas en el laboratorio, ubicaciones que se pueden ver a través de planos, hojas de cálculo, archivos de prueba, manuales y herramientas informáticas. (Baena, 2018)

3.8. Tratamiento estadístico

(Bakieva, Gonzáles Such, & Jornet), nos hace mención que el análisis de varianza (ANOVA), mediante el cálculo factorial le permite comparar diferentes grupos de con variables cuantitativas. Esta prueba es una prueba general de la equivalencia media de dos muestras independientes. Esto se aplica a la equivalencia media de una población distribuida normalmente de o más poblaciones independientes.

Suponiendo “k” poblaciones independientes, la hipótesis contrastante es:

- Las medias poblacionales son iguales:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

- Al menos dos medias poblacionales son distintas:

$$H_1$$

Para realizar el ANOVA de contraste, se requieren k muestras independientes de la variable de interés. El grupo de variables, llamado Factor, clasifica los valores observados de las variables en diferentes muestras. El presente estudio ese considera como transversal pues presente variables independientes el cual se analizará.

(Ordaz, Melgar, & Rubio), nos dice que, según el número de factores, se le considera ANOVA de un factor a un modelo con una sola variable independiente. Por otro lado, si el modelo contiene múltiples factores, se

denomina modelo factorial o análisis factorial de ANOVA; al poseer una variable independiente se le considera ANOVA de un factor.

(Ordaz, Melgar, & Rubio), nos menciona, que, en cuanto al muestreo de niveles, se describe cómo establecer el nivel para cada elemento. A menudo depende de los gustos del investigador. Cuando solo se cambia el nivel de los factores realmente estudiados, se tiene un modelo de ANOVA de efectos fijos (llamado también modelo I); pero cuando se selecciona al azar de los niveles disponibles se tiene un modelo de efectos aleatorios (también llamado tipo II). Nos encargaremos de analizar las diferentes muestras con diferentes porcentajes de emulsión asfáltica por lo que tendremos un modelo ANOVA de efectos aleatorios. (López, 2006), menciona que, el tratamiento estadístico, sólo es una parte

de los resultados de experimentos repetidos obtenidos en el laboratorio que son una pequeña porción del número infinito que podrían obtenerse si estuvieran disponibles durante un tiempo infinito. Es la parte más pequeña del resultado del número de muestras. Los estadísticos llaman a esta parte de datos de una muestra. En principio, se considera que es un conjunto infinito de datos existentes, un subconjunto del total.

Asimismo, el muestreo de campo se tabula y presenta en formatos fáciles de entender. Para los resultados de los análisis de suelos se utiliza el formato establecido por el instituto. Finalmente, se extraen conclusiones y se proponen soluciones a los problemas encontrados.

N° 01

Tipo de variable: **CUANTITATIVO**

Definición de hipótesis: Las características y propiedades de la subrasante

se encuentran en condiciones deficientes en zonas altoandinas.

Los indicadores para la misma es el índice granulométrico, contenido de humedad, índice de Proctor modificado, los límites de Atterberg, índice de permeabilidad, índice de CBR y la clasificación de suelos por el método AASTHO y SUCS.

La selección y aplicación de herramientas de análisis inferencial son los ensayos que se realizaran en laboratorio para ver las características y propiedades de cómo se encuentra la subrasante en zonas altoandinas.

Para la presentación de los resultados se considera la tabla con frecuencia relativa en porcentaje, los gráficos y estadígrafos para esto se utilizará el complemento de herramientas del Microsoft Excel y el software SPSS para análisis estadísticos.

N° 02

Tipo de variable: **CUANTITATIVO**

Definición de hipótesis: La capacidad portante CBR aumenta progresivamente incorporando la emulsión asfáltica a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.

Los indicadores para la misma es el índice de CBR y la dosificación de las emulsiones asfálticas en distintos porcentajes.

La selección y aplicación de herramientas de análisis inferencial es el ensayo de CBR y la dosificación que se realizará para la emulsión asfáltica; dado que no existe una fórmula específica para encontrar la relación de emulsión teórica para este estabilizador, utilizaremos el método del Instituto de Asfalto para encontrar la relación de emulsión de asfalto en la mezcla.

Para la presentación de los resultados se considera la tabla con frecuencia

relativa en porcentaje, los gráficos y estadígrafos para esto se utilizará el complemento de herramientas del Microsoft Excel y el software SPSS para análisis estadísticos.

N° 03

Tipo de variable: **CUANTITATIVO**

Definición de hipótesis: El índice de permeabilidad incrementa significativamente en la subrasante haciéndolo menos sensible a los cambios de la humedad.

Los indicadores para la misma es el índice de permeabilidad y la dosificación de las emulsiones asfálticas en distintos porcentajes.

La selección y aplicación de herramientas de análisis inferencial es el ensayo de permeabilidad que se realizaran en laboratorio para ver las filtraciones de agua en la subrasante en zonas altoandinas.

Para la presentación de los resultados se considera la tabla con frecuencia relativa en porcentaje, los gráficos y estadígrafos para esto se utilizará el complemento de herramientas del Microsoft Excel y el software SPSS para análisis estadísticos.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

En el ámbito de infraestructura vial, ejercida por altos estándares de ética profesional, teniendo como objetivo determinar en qué porcentaje la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta contribuye en la estabilización de la subrasante de baja capacidad portante en zonas superiores a los 3000 msnm. Asimismo, contribuye a la mejora de la Serviciabilidad de los pavimentos, a la vez que se esfuerza por mejorar las condiciones laborales también ayuda a establecer un ambiente seguro y cómodo.

(Pariona, Zevallos, Yupanqui, & Rodriguez, 2019), Teniendo en cuenta el código de ética de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, nosotros como investigadores, acerca de la Emulsión Asfáltica Catiónica De Rotura Lenta Para Estabilizar Subrasantes De Baja Capacidad Portante En Zonas Altoandinas, TramoPE-18-Uchucchacua-Desvío Cerro De Pasco-2023, nuestro compromiso comotesistas es que se mantendrá la verdad en lo que resulte este proyecto de investigación; el respeto por las convicciones morales, religiosas y políticas; respeto por la biodiversidad y el medio ambiente y; responsabilidad social, jurídica, política, y ética.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del Trabajo de Campo

Para lograr los objetivos de la presente tesis se han realizado trabajos en campo, delimitación del tramo en progresivas, para su posterior ensayo insitu la exploración a cielos abiertos, tambien teniendo en cuenta y aplicado a los principiosde la capacidad portante de la subrasante para soportar la estructura de un pavimento.

4.1.1. Exploración a Cielos Abiertos (Calicata)

Teniendo en cuenta líneas arriba es de suma importancia caracterizar las propiedades físicas y mecánicas que presenta el suelo priorizando el índice de CBR ya que con estos resultados se validará las hipótesis, por ello se realizó una visita in situ con el objetivo de reconocer el tramo Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco, teniendo que realizar 3 calicatas en un tramo de 9 kilómetros.

El criterio que se prioriza en realizar 3 calicatas, es que la carretera fue clasificada como una Trocha Carrozable y según él (MTC, 2014) se deberá de realizar cada 3 km un ensayo CBR para lo cual se realizará el estudio en 3 km.

Tabla 10
Descripción de la exploración a cielo abierto (calicata)

Calicata N°	Calicata N° 01	Calicata N° 02	Calicata N° 03
Progresiva	136 +530	139 + 530	142 + 530
Cota De Terreno Natural (m.s.n.m.)	3611.69	3715.43	3618.31
Cota De Rasante (m.s.n.m.)	3611.94	3715.73	3618.51
Lado	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
Profundidad Calicata (m)	1.50	1.50	1.50
Nivel Freático	NP	NP	NP
Profundidad (m)	0.00 – 1.50	0.00 – 1.50	0.00 – 1.50

Nota. Esta tabla muestra las descripciones de las calicatas en tres puntos distintos cada 3 km. Elaboración Propia

Al realizar la exploración a cielos abiertos se tomó puntos intercalados en todo el tramo: Izquierda y derecha, teniendo en consideración la cota de terreno natural y la cota de rasante, a partir de esto se pasó a realizar la excavación con una profundidad de 1.50 m sin contar el espesor de la capa granular, de acuerdo al (MTC, 2014), con el objetivo de extraer muestras y posteriormente ser llevadas al laboratorio; asimismo no se ha encontrado nivel freático.

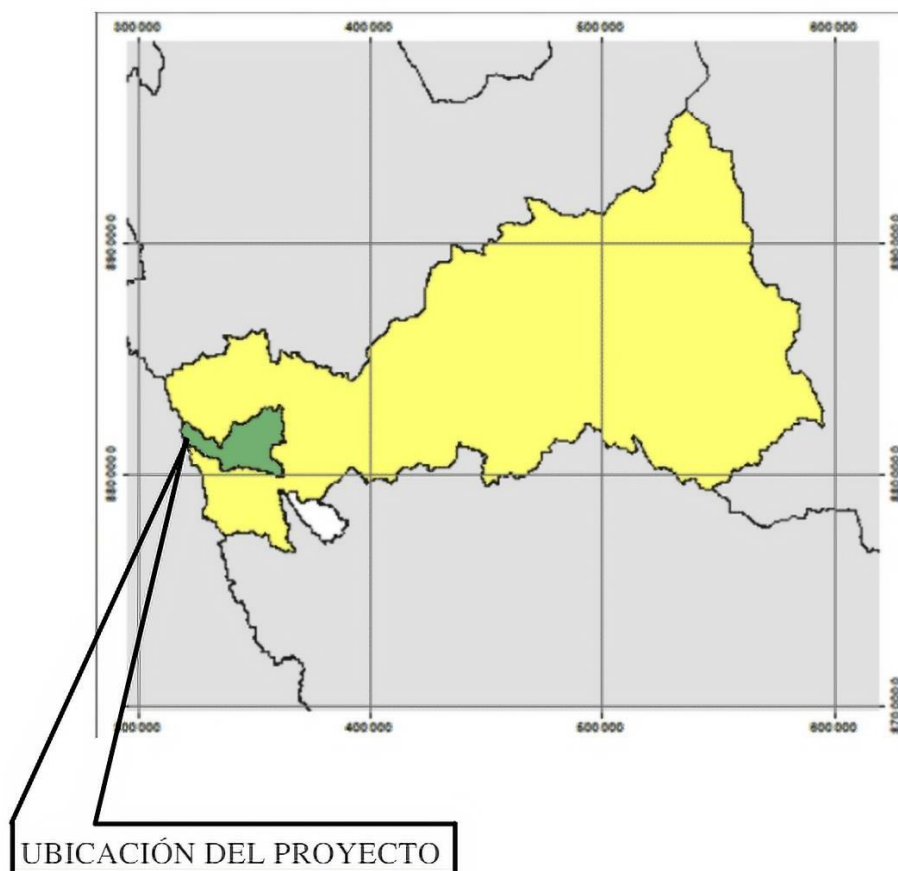
4.2. Presentación, análisis e interpretación de Resultados

4.2.1. Ubicación

El tramo PE-18 Uchucchacua – Desvío Cerro de Pasco se ubica en Provincia y Departamento de Pasco. En las coordenadas geográficas del inicio del tramo en estudio:

- Latitud: 10° 36' 59.8'' Sur
- Longitud: 76° 35' 14.1 '' Oeste

Figura 17
Plano de ubicación de la carretera



4.2.2. Ensayos para la caracterización del suelo

Posteriormente de realizar los ensayos en laboratorio para la caracterización del suelo se presenta los siguientes resultados:

Tabla 11
Resumen de resultados para la caracterización de suelos

Progresiva	SUCS	AASHTO	% Grava	% Arenas	% Finos	L L	L P	I P	I G	% H	Descripción
136 +530	ML	A - 6	8.5	44.4	47.2	40	29	1	3	27.1	Limo arenoso
139 + 530	CL – ML	A-4	2.9	67.6	29.6	26	21	5	1	25.5	Arcilla limo arenosa
142 + 530	SM	A-4	69.8	19.6	10.3	37	30	7	0	52.9	Arena limosa con grava

Nota. En la tabla se muestra las características del suelo para su

clasificación de las 3 calicatas estudiadas. Fuente: Elaboración Propia.

La clasificación del suelo en los 3 puntos de exploración según SUCS tienen el mismo tipo de suelo donde se encontró suelos Limo Arenoso (ML), Arcilla Limo Arenosa (CL – ML) y Arena limosa con Grava (SM) también vemos una diferencia bastante grande con el tamaño de partícula que se está trabajando, ya que se presenta el porcentaje de arenas y finos elevado; por el lado de la apariencia el suelo mostraba un color marrón propio a un suelo fino. Teniendo en el cuadro porcentajes de grava, arena y finos en el suelo estudiado.

En cuanto a la humedad del suelo se tienen porcentajes altos, estas son debidos a que en la zona de estudio se tiene alta pluviosidad, lo que se tiene en cuenta para la construcción de vías y a las filtraciones del agua en el suelo. Estos altos valores de humedad están cerca del límite líquido del suelo, lo que significa que caen entre plástico y casi líquido, donde el pavimento es casi inestable.

Se tiene un límite líquido en promedio de 34% y un límite plástico promedio de 27% dentro de la muestra extraída en los 3 puntos, obtenemos porcentajes del Índice Plástico (IP) promedio del suelo en estudio siendo el valor de 8%, con este valor clasificamos el suelo como un suelo arcilloso de plasticidad media según él (MTC, 2014), ya que esta entre 7 y 20.

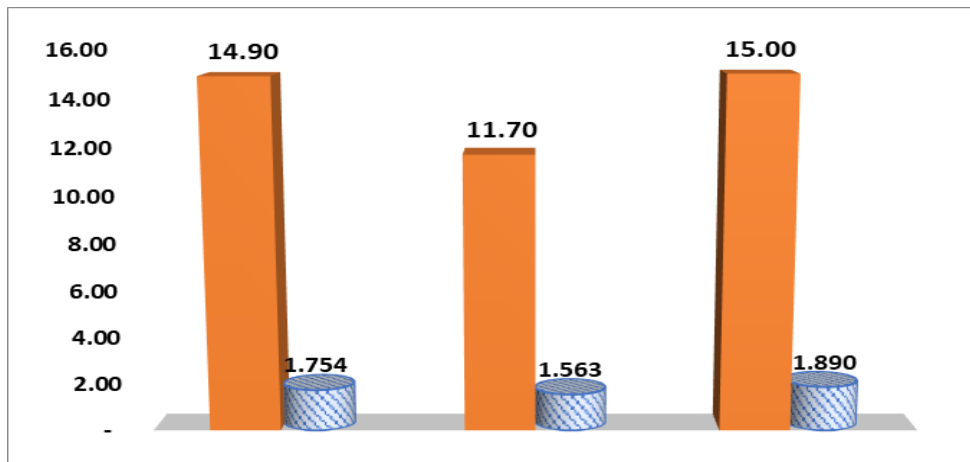
Proctor Modificado (ASTM D -1557/MTC E – 115)

Tabla 12
Resultados Ensayo Proctor Modificado

Descripción	Calicata N° 1	Calicata N° 2	Calicata N° 3
Máxima Densidad Seca	1.847 gr/cm ³	1.645 gr/cm ³	1.990 gr/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	14.9 %	11.7 %	15 %
95% Máxima Densidad Seca	1.754	1.563 gr/cm ³	1.890 gr/cm ³

Fuente: Elaboración Propia

Figura 18
Relación "Contenido de Humedad y 95% MDS" de las Calicatas.



Estos resultados obtenidos nos permitirán poder determinar la curva de compactación, asimismo nos servirá para poder realizar la Determinación del Valor Relativo de Soporte C.B.R.

4.2.3. Determinación del Valor Relativo de Soporte C.B.R. (ASTM D 1883/MTC E 132)

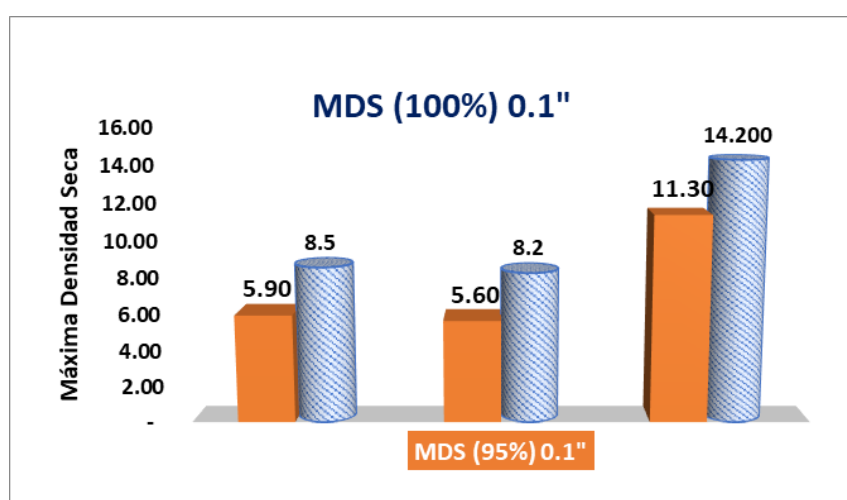
Dentro del análisis para obtener el índice de CBR se realizó el perfil estratigráfico para cada sector o tramo en estudio, a partir de este se pasó a realizar el cronograma de ensayos para lograr establecer el índice CBR, el cual permitirá determinar el valor soporte o resistencia del suelo, que viene a ser el 95 % de la MDS (Máxima densidad Seca) y a una penetración del 0.1” \diamond 0.254 mm, según (MTC, Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos, 2014).

Tabla 13
Resultados Ensayo CBR “California Bearing Ratio”

Descripción	Calicata N° 01	Calicata N° 02	Calicata N° 03
Máxima Densidad Seca (100 %) 0.1’’	8.5 %	8.2 %	14.2 %
Máxima Densidad Seca (95 %) 0.1’’	5.9 %	5.6 %	11.3 %

Fuente: Elaboración Propia

Figura 19
Relación de la MDS al 100% y 95% a 0.1’’



Fuente: Elaboración Propia

Se tiene que el Ensayo CBR se ha de realizar a una penetración de carga de 2,54 mm \leq 0.1'', al 95% de la MDS teniendo a la calicata N° 01 y N° 02 el valor del CBR un valor bajo de 5.9% - 5.6%, a comparación de la calicata N° 03 que setiene un valor considerable de 11.3%, como se puede apreciar en la (Tabla 13) y (Figura 20) los porcentajes varían desde el 5.9% al 11.3% pasando de ser sub rasantes insuficientes a buenas, asimismo se pasará a realizar las comparaciones y sus respectivas categorías con el Manual de Suelos y Pavimentos:

Tabla 14
Caracterización de las Sub Rasantes

Calicata	Ensayo CBR 95 % MDS	Categoría	Descripción
Calicata N° 01	5.9 %	S5	Sub Rasante Insuficiente
Calicata N° 02	5.6 %	S1	Sub Rasante Insuficiente
Calicata N° 03	11.3 %	S3	Sub Rasante Buena

Fuente: Elaboración Propia

La Calicata N° 1 como se puede apreciar en la (Tabla 14) posee una Sub Rasante Insuficiente debido que esta es considerada una sub rasante pobre e inadecuada, es recomendado realizar la estabilización de este tipo de suelos para mejorar las propiedades físicas del suelo.

La Calicata N° 2 posee una Sub Rasante Insuficiente debido que esta es considerada una sub rasante pobre e inadecuada, es recomendado realizar la estabilización de este tipo de suelos para mejorar las propiedades físicas del suelo.

La Calicata N° 3 posee una Sub Rasante Buena, pero sin embargo requiere de estabilización.

Ensayo de Permeabilidad (ASTM D -5084 / NTP 339.147)

Tabla 15
Resultados Ensayo de Permeabilidad

Descripción	Calicata N° 1	Calicata N° 2	Calicata N° 3
Dif. Δh (mm)	38.03	32.5	32.2
K (cm/s)	3.80E-04	3.06E-06	3.04E-02
Ec (kgf*cm/cc)	879.5	298.38	298.38

La Calicata N° 1 esta se encuentra entre el límite de un suelo poco permeable, debido a que va a poseer poros demasiados pequeños que no van a permitir el paso del agua.

La Calicata N° 2 como se aprecia en la (Tabla 15) se encuentra en el límite

muy poco permeable, debido a que va a poseer poros demasiados pequeños que no van a permitir el paso del agua.

La Calicata N° 3 se encuentra entre el límite de un suelo moderadamente permeable, este tipo de suelo es caracterizado debido a que posee una mayor filtración.

4.2.4. Caracterización de la emulsión asfáltica

Se tuvo limitaciones al realizar los ensayos de la emulsión asfáltica ya que no se tiene equipos especializados y de calidad para realizar la caracterización correcta, se tomó la consideración de obtener utilidad la ficha técnica proporcionada por la empresa Z ADITIVOS sobre emulsión asfáltica de rotura lenta, el cual se anexó en el presente trabajo de investigación.

Cálculo del Contenido Óptimo de Emulsión

$$%E = 0.032a + 0.045b + kc + k$$

Donde:

- E : Porcentaje óptimo de Emulsión Asfáltica
- a : Porcentaje retenido de la malla #10
- b : Porcentaje que pasa de la malla #10 y se retiene la malla #200
- c : Porcentaje que pasa la Malla #200
- K : 0.20 si el valor (c) está entre 11 y 15 %
: 0.18 si el valor (c) está entre 6 y 10 %
: 0.15 si el valor (c) está menos del 5 %.

De la granulometría se obtiene:

Ensayo de Granulometría C-1

$$\%E = 0.032a + 0.045b + kc + k$$

$$\%E = 0.032(0.70) + 0.045(15.10) + 0.2(29.60) + 0.2$$

$$\%E = 6.822$$

Luego de usar el método para buscar un valor tentativo (patrón) del contenido de emulsión asfáltica entre los valores ya obtenidos, se pasará a usar el valor: 7 %

Para un mejor análisis e interpretación de los resultados, se pasó a considerar consideramos los siguientes porcentajes de emulsión: 3%, 7% y 11% cuyos valores servirán para obtener el óptimo contenido de emulsión.

Asimismo, se realizará los ensayos de Proctor Modificado, CBR y Permeabilidad aplicando los porcentajes de emulsión asfáltica descritos anteriormente.

Tabla 16
Porcentaje Tentativo de Emulsión Asfáltica

N°	% Tentativo
1	3 %
2	7 %
3	11 %

Fuente: Elaboración Propia

4.2.5. Preparación de la mezcla

Los materiales para la dosificación suelo – emulsión fueron los siguientes: suelo del Tramo PE-18 Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco, agua y emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta (CSS-1) a diferentes porcentajes (0%, 3%, 7% y 11%).

Las cantidades de emulsión y agua de cada mezcla se determinó teniendo como base el peso del suelo de 6000 gr, dichas cantidades en referencia a la (CE020, 2012, pág. 6) son detalladas en la siguiente tabla:

Tabla 17
Diseño de mezcla

Porcentaje de emulsión	Peso del Suelo (gr)	Peso de la emulsión (gr)	Peso de agua (gr)
0%	6000	0.00	588.290
3%	6000	177.55	510.830
7%	6000	414.29	409.037
11%	6000	621.43	258.308

Nota. En la tabla se muestra la dosificación de la mezcla suelo – emulsión por diferentes porcentajes. Elaboración propia

Cabe resaltar que esta dosificación será aplicada para el ensayo de CBR y el ensayo de permeabilidad, para cumplir con nuestros objetivos específicos del presente trabajo de investigación.

- Se pesa el suelo en una tara 6 kg.

Figura 20
Peso de la muestra en una balanza digital.



- Se pesa la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta (CSS-1) por distintos porcentajes.

Figura 21
Peso de Emulsión asfáltica al 3%.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22
Peso de Emulsión asfáltica al 7%.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 23
Peso de Emulsión asfáltica al 11% Fuente



Elaboración Propia

- Se prepara tres especímenes por cada porcentaje de emulsión asfáltica de 3%, 7%, y 11%.

Figura 24
Mezcla del suelo y emulsión asfáltica



Fuente: Elaboración Propia

Se mezcla los materiales, haciendo que el color de la mezcla se vea uniforme, para finalmente ser llevada a los moldes de los ensayos que realizaremos.

4.2.6. Ensayo de CBR suelo – emulsión asfáltica

El ensayo se realizó siguiendo a la norma ASTM D 1883/MTC E 132.

Después de realizar la mezcla con cada porcentaje de emulsión asfáltica, se deja aclarar la mezcla antes de la compactación en los moldes, se procede a compactar en tres moldes en 5 capas con 12, 25 y 56 golpes respectivamente. Para finalmente ser pesadas todos los moldes y se toma nota de los valores

Figura 25
Preparación de los moldes para CBR Fuente: Elaboración Propia



- Se considera sumergir los moldes en agua por 4 días para aparentar la condición más crítica del suelo – emulsión saturada.

Figura 26
Moldes sumergidos en el agua para CBR de la mezcla Suelo – Emulsión



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18
Resultados de Índice de CBR

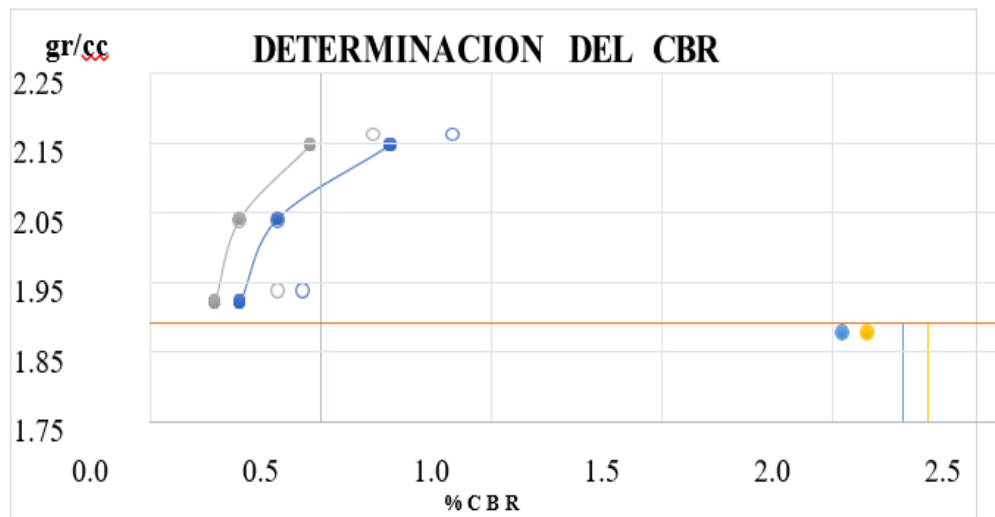
Descripción	0%	3%	7%	11%
CBR 0.1 " 100 %	8.5	11.8	29.10	13.97
CBR				
CBR 0.2 " 95 %	5.9	8.2	27.60	9.7

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene los valores de la muestra patrón y con la adición de la emulsión endistintos porcentajes, se demuestra en la (Tabla 18) que a medida que vas aumentando los porcentajes de emulsión asfáltica se incrementa el CBR y la estabilidad del suelo, siendo estos directamente proporcional en (3 ,7 y 11%), en el 7% se tuvo la máxima capacidad de soporte, para el 11 % hay un decrecimiento

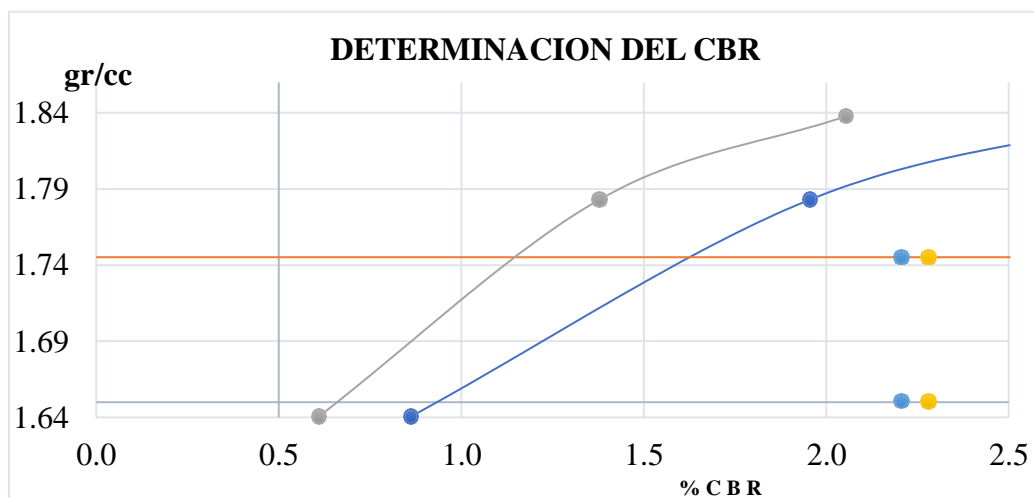
por parte del CBR debido al exceso de emulsión, es decir parte del agua quedará retenida en los globos de la emulsión.

Figura 27
Curva de Compactación Suelo + Emulsión 3% Fuente: Elaboración Propia



La curva de compactación de la (Figura 28) nos muestra las relaciones entre la máxima densidad seca y el CBR en porcentajes de los cuales se tendrá: MDS para 56 golpes de 2.159 gr/cm³, 25 golpes de 2.054 gr/cm³, 12 golpes de 1.935 gr/cm³ con un CBR de 8.2%.

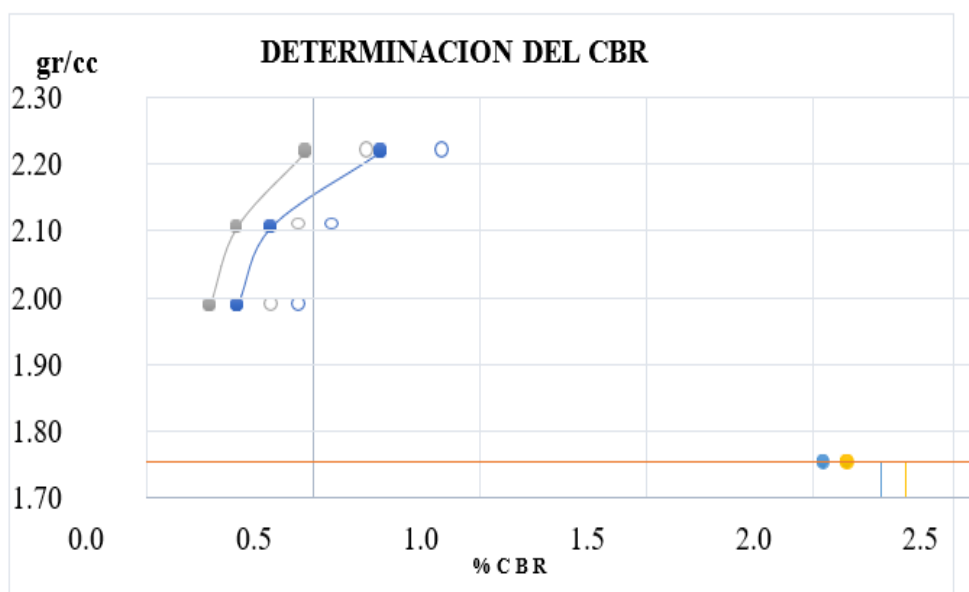
Figura 28
Curva de Compactación Suelo + Emulsión 7%



Fuente: Elaboración Propia

La curva de compactación en la (Figura 29) muestra las relaciones entre la máxima densidad seca y el CBR en porcentajes de los cuales se tendrá: MDS para 56 golpes de 2.394 gr/cm³, 25 golpes de 2.278 gr/cm³, 12 golpes de 2.186 gr/cm³ con un CBR de 21.60%.

Figura 29
Curva de Compactación Suelo + Emulsión 11%



Fuente: Elaboración Propia

La curva de compactación de la (Figura 31) nos mostrará las relaciones entre la máxima densidad seca y el CBR en porcentajes de los cuales se tendrá: MDS para 56 golpes de 2.220 gr/cm³, 25 golpes de 2.106 gr/cm³, 12 golpes de 1.989 gr/cm³ con un CBR de 9.7%.

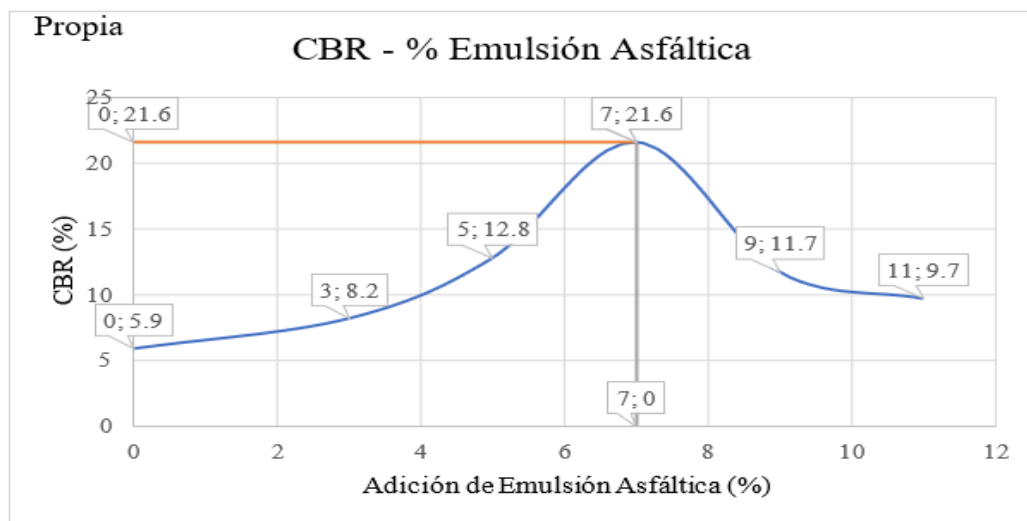
Figura 30
Relación entre la comparación de CBR y % de Emulsión Asfáltica

% De Emulsión Asfáltica	CBR (95 % MDS) 0.1"	CBR (95 % MDS) 0.2"
Patrón – 0	5.9	6.9
3	8.2	11.9
7	21.6	23.1
11	9.7	14

Nota: En la tabla se muestra el porcentaje de emulsión asfáltica y en cuanto aumenta la capacidad de soporte del suelo

Fuente: Elaboración

Figura 31
CBR % - Emulsión Asfáltica %



Nota. En la figura se muestra como el CBR aumenta con la incorporación de la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta.

Al incorporar la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta incrementa la capacidad según añadimos los porcentajes pero como también baja, se muestra en la (Figura 32) que la mezcla suelo y emulsión de 7% mejora la subrasante a un 21.6

% de CBR (95 % MDS) 0.1” donde tenemos una categoría de Sub Rasante muy Buena (S4) según (MTC, 2014, pág. 35), ya que se encuentra dentro de los intervalos 20 y 30 %, siendo este el porcentaje óptimo para estabilizar subrasante de baja capacidad portante.

% Optimo de Emulsión Asfáltica	7%
CBR máximo	21.6%

Figura 33. Porcentaje óptimo para la estabilización Fuente:

Elaboración Propia

4.2.7. Ensayo de Permeabilidad Suelo – Emulsión

El ensayo de permeabilidad se realizó siguiendo a la norma ASTM D -5084 / NTP 339.147.

Tabla 19
Resultados del Ensayo de Permeabilidad

% Emulsión	K (cm/s)
0	0.304
3%	0.294
7%	0.281
11%	-

Fuente: Elaboración Propia

Figura 32
Resultados del Ensayo de Permeabilidad Fuente: Elaboración Propia

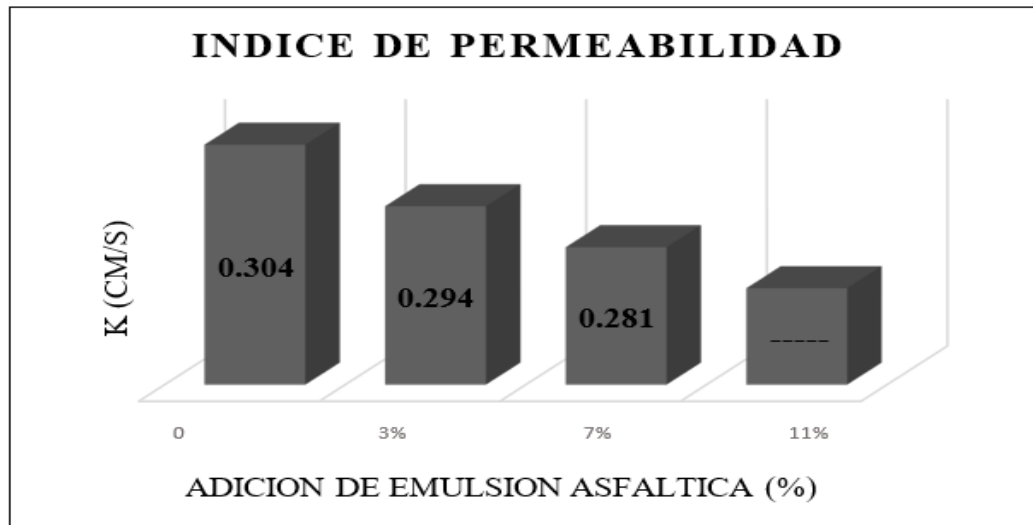


Figura 34. Resultados del Ensayo de Permeabilidad Fuente: Elaboración Propia

En la (Figura 34) y/o (Tabla 19), se puede apreciar los coeficientes de permeabilidad ensayados, teniendo como principio la muestra patrón la cual viene hacer de 0.304, a esta se le tendrá que adicionar los porcentajes de emulsión asfáltica cuya característica viene hacer la de actuar como un agente impermeable, la cual lo hace menos sensible a los cambios de humedad que se puedan presentar en la zona establecida; adicionando el 7% de la emulsión asfáltica se tendrá un punto máximo de impermeabilidad con un valor de 0.281 cm/s , así mismo no se ha considerado los porcentajes 11% ya que dificulta la trabajabilidad para realizar los ensayos de permeabilidad como se muestra en la siguiente figura:

Figura 33
Suelo + emulsión dificultando la trabajabilidad



Fuente: Elaboración Propia

4.3. Prueba de Hipótesis

Validar las hipótesis es fundamental en un diseño de investigación experimental donde es de suma importancia comparar los resultados de distintos tratamientos, con respecto a la variable dependiente e independiente, se tuvo en cuenta los siguientes parámetros para su aplicación:

4.3.1. Condiciones

Se toma las siguientes condiciones para la validación de nuestras hipótesis generales y específicas:

Nivel de significancia

En el campo de la ingeniería se tiene un nivel de confiabilidad del 95% ($\alpha = 0.05$).

Nivel de significancia

La hipótesis nula se rechaza si se cumple lo siguiente $F_0 > F_\alpha$ y v_1 , v_2

donde:

- F_0 se obtiene experimentalmente con los ensayos
- F_{α, v_1, v_2} se obtiene por defecto
- $v_1 = K - 1$ y $v_2 = N - K$

Donde:

k = Cantidad de situaciones

N = Total de datos

- r = Cantidad de filas

4.3.2. Hipótesis General

a) Presentación de Hipótesis Hipótesis Alternativa (H_1)

La adaptación de la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta aumenta la estabilidad y capacidad portante de la subrasante, en zonas altoandinas.

Hipótesis Nula (H_0)

La adaptación de la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta no aumenta la estabilidad y capacidad portante de la subrasante, en zonas altoandinas.

Tabla 20
Tabla de ANOVA Hipótesis General

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_0
Entre las muestras	452.0	2	226.02	1822.74194
Dentro de las muestras	1.9	15	0.124	
Total	453.9	17		

Nota. En la tabla se muestra los datos finales para la aceptación de la hipótesis alternativa y el rechazo de la hipótesis nula Fuente:

Elaboración Propia

El criterio que se tomó para la validación de la hipótesis es que la hipótesis nula se rechaza si se cumple lo siguiente $F_0 > F_\alpha$. Teniendo lo siguiente:

- Valor Crítico

$$F_{\alpha,k-1,N-k} = 3.68$$

- Probabilidad

$$p = 1.24206896688393E - 18$$

$$F_o > F_\alpha \quad 1822.74 > 3.68$$

El F_o es mayor del valor crítico F_α por lo que se acepta la hipótesis alternativa, La adaptación de la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta aumenta la estabilidad y capacidad portante de la subrasante, en zonas altoandinas, y rechazando la hipótesis nula.

4.3.3. Hipótesis Específico N° 01

a) Presentación de Hipótesis Hipótesis alternativa (H1)

Las características y propiedades de la subrasante se encuentran en condiciones deficientes en zonas altoandinas.

Hipótesis nula (H0)

Las características y propiedades de la subrasante no se encuentran en condiciones deficientes en zonas altoandinas.

Tabla 21
Tabla de ANOVA Hipótesis Especifico N° 01

Fuente de variación				F _o
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	
Entre las muestras	49.4	2	24.70333333	766.65517
Dentro de las muestras	0.2	6	0.03222222	
Total	49.6	8		

Nota. En la tabla se muestra los datos finales para la aceptación de la

hipótesis alternativa y el rechazo de la hipótesis nula Fuente: Elaboración Propia

El criterio que se tomó para la validación de la hipótesis es que la hipótesis nula se rechaza si se cumple lo siguiente $F_0 > F_\alpha$. Teniendo lo siguiente:

- Valor Crítico

$$F_{\alpha, k-1, N-k} = 5.14$$

- Probabilidad

$$p = 5.92209896688393E - 08$$

$$F_o > F_\alpha \quad 766.66 > 5.14$$

El F_o es mayor del valor crítico F_α por lo que se acepta la hipótesis alternativa, Las características y propiedades de la subrasante se encuentran en condiciones deficientes en zonas altoandinas, y rechazando la hipótesis nula.

4.3.4. Hipótesis Específico N° 02

a) Presentación de Hipótesis Hipótesis alternativa (H1)

La capacidad portante CBR aumenta progresivamente incorporando la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.

Hipótesis nula (H0)

La capacidad portante CBR no aumenta progresivamente incorporando la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.

Tabla 22
Tabla de ANOVA Hipótesis Especifico N° 01

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F _o
Entre las muestras	452.0	2	226.02	1822.74194
Dentro de las muestras	1.9	15	0.124	
Total	453.9	17		

Nota. En la tabla se muestra los datos finales para la aceptación de la hipótesis alternativa y el rechazo de la hipótesis nula Fuente: Elaboración Propia

El criterio que se tomó para la validación de la hipótesis es que la hipótesis nula se rechaza si se cumple lo siguiente $F_0 > F_\alpha$. Teniendo lo siguiente:

- Valor Crítico

$$F_{\alpha, k-1, N-k} = 3.68$$

- Probabilidad

$$p = 1.24206896688393E - 18$$

$$F_o > F_\alpha \quad 1822.74 > 3.68$$

El F_o es mayor del valor crítico F_α por lo que se acepta la hipótesis alternativa, La capacidad portante CBR aumenta progresivamente incorporando la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas, y rechazando la hipótesis nula.

4.3.5. Hipótesis Específico N° 03

a) Presentación de Hipótesis Hipótesis Alternativa (H1)

El índice de permeabilidad incrementa significativamente en la subrasante haciéndolo menos sensible a los cambios de la humedad.

Hipótesis Nula (H0)

El índice de permeabilidad no incrementa

significativamente en lasubrasante haciéndolo menos sensible a los cambios de la humedad.

Tabla 23
Tabla de ANOVA Hipótesis Especifico N° 03

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fo
Entre las muestras	0.3	2	0.1742	15495.4644
Dentro de las muestras	0.0	15	0.124	
Total	0.3	17		

Nota. En la tabla se muestra los datos finales para la aceptación de la hipótesis alternativa y el rechazo de la hipótesis nula Fuente: Elaboración Propia

El criterio que se tomó para la validación de la hipótesis es que la hipótesis nula se rechaza si se cumple lo siguiente $F_0 > F_\alpha$. Teniendo lo siguiente:

- Valor Crítico

$$F_{\alpha, k-1, N-k} = 3.68$$

- Probabilidad

$$p = 1.36411896688393E - 25$$

$$F_o > F_\alpha \quad 15495.46 > 3.68$$

El F_o es mayor del valor crítico F_α por lo que se acepta la hipótesis alternativa, el índice de permeabilidad incrementa significativamente en la subrasante haciéndolo menos sensible a los cambios de la humedad, y rechazando la hipótesis nula.

4.4. Discusión de Resultados

Después de realizar los distintos resultados finales de la presente tesis “Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua -

Desvío Cerro de Pasco -2023”, realizamos la discusión que nos servirán para consolidar los resultados obtenidos, ya que también se tomará como una línea futura para próximas investigaciones.

Discusion n° 01

Objetivo General:

Determinar el óptimo porcentaje de emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta contribuyen en la estabilización de la subrasante de baja capacidad portante en zonas altoandinas.

Basado en el antecedente:

(Almeida & Ernesto, 2017), En la tesis titulado “Estabilización de Suelos con el Uso de Emulsiones Asfálticas Catiónicas de Rotura Lenta. Caso de Estudio Vía las Mercedes - Puerto Nuevo, Provincia de Santo Domingo de los Tsachilas” en su investigación como objetivo principal es de estudiar el comportamiento del suelo al usar emulsión catiónica de rotura lenta (CSS-1h) como agente estabilizante. Los resultados de las pruebas de campo natural; las emulsiones asfálticas y suelos con diferentes proporciones de emulsiones asfálticas oscila entre el 18.97% a 23.22%, para lo cual propone los siguientes porcentajes añadiendo a la muestra original: 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de los cuales pueden o no cumplir plenamente con las expectativas .La relación CBR en suelo natural para el rango de penetración de 0.1 pulgadas es 9,70 a 11.80%, y la relación CBR para el rango de penetración de 0.2 pulgadas es 11.80 a 13.60%, el resultado más favorable fue al aplicar 15% de emulsión asfáltica ya que la relación CBR para el rango de penetración de 0.1 pulgadas es 10.20%, y la relación CBR para el rango de penetración de 0.2 pulgadas es 12.00%. Teniendo en cuenta estos valores sobre elsuelo, también se observó que en cuanto mayor sea la densidad seca máxima,

mayor era la relación CBR.

En esta investigación formulación del problema de estudio nos decía ¿Qué produce la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta al estabilizar una subrasante de baja capacidad portante en zonas altoandinas? Y la hipótesis nos decía “La aplicación de la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta aumenta la estabilidad y capacidad portante de la subrasante, en zonas altoandinas.”.

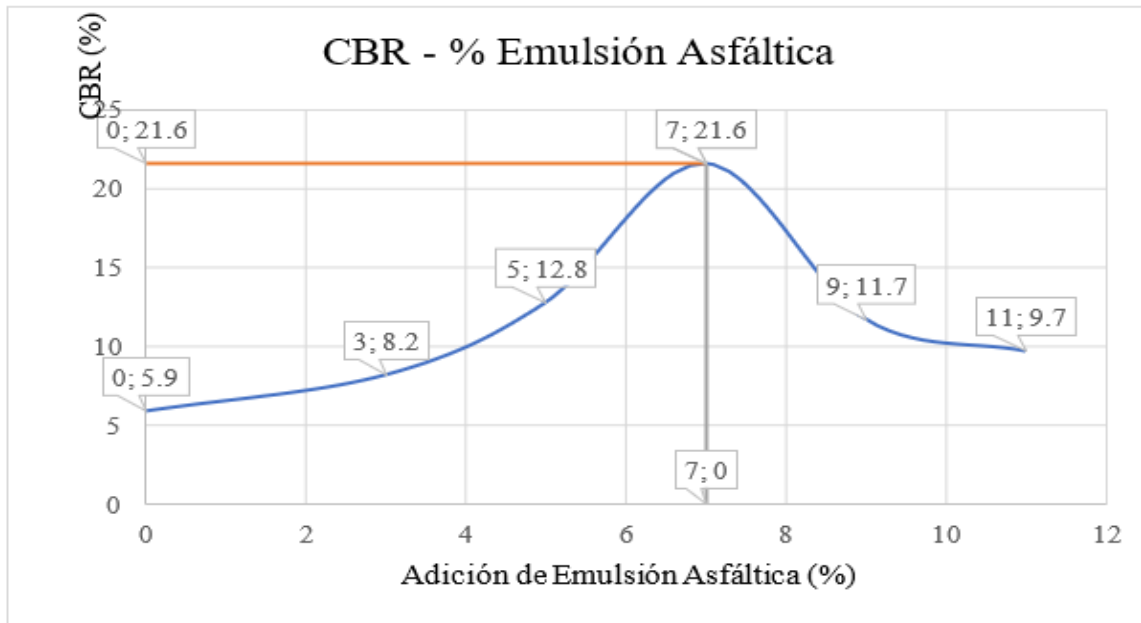
Al realizar todo el procedimiento se afirma que la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, mejora la resistencia del suelo.

Tabla 24
% de CBR aplicando la emulsión a un 7%

CBR	
SIN EMULSION	CON EMULSION 7%
5.9	21.6

Nota. En la tabla se muestra el índice de CBR con y sin emulsión. Fuente:
Elaboración Propia

Cabe resaltar que también mejora en otras características como en el involucramiento que ayuda a mejorar la estabilidad del suelo. Se confirma que la emulsión debe ser de rotura lenta ya que se está trabajando con suelos granulares y finos, ya que se vio en investigaciones que este agente puede llegar a saturar demasiado el suelo y este pierde trabajabilidad, retrasando los trabajos, también se concuerda con lo que menciona el Manual de (CE020, 2012), que afirma que el agente estabilizador como la emulsión asfáltica debe de estar en los intervalos de 4 a 8% como máximo.



Presentamos la gráfica donde se indica el óptimo porcentaje de emulsión asfáltica, demostrando que estamos cumpliendo con las especificaciones técnicas para que esta subrasante tenga una capacidad portante alta.

Discusion n° 02

Objetivo Específico N° 01:

Determinar las características y propiedades de la subrasante en zonas altoandinas.

Basado en el antecedente:

(Galarreta & Llenque, 2019), “Influencia De La Adición De Emulsión Asfáltica En La Estabilidad De Los Suelos Del Centro Poblado De Villa Hermosa En El Distrito La Esperanza” tiene como conclusión que de los ensayos que realizaron un 90% está distribuida dentro de las mallas N° 100 y 200 siendo un alto contenido de finos y a pesar de esto presentó un índice de plasticidad de 0%.

Se ratifica la similitud debido a que en nuestra investigación se tiene un alto contenido de finos, pero discrepando con el índice de plasticidad ya que en la

investigación realizada se tiene un Índice de plasticidad de 8%.

Discusion n° 03

Objetivo Específico N° 02:

Evaluar la capacidad de soporte CBR incorporando la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.

Basado en el antecedente:

(Rojas, 2018), “Aplicación de la emulsión asfáltica en la estabilización de la sub rasante de la carretera afirmada de tercera clase, Emp. PE 18 Quilca – Cochamarca, año 2018.” Tiene como conclusión acerca de la capacidad de soporte que al aplicar emulsión asfáltica a un suelo patrón aumenta la capacidad de soporte asfáltica en 2% se obtuvo un CBR de 5.20%. al igual que cuando se incrementa 4% de emulsión se tiene un CBR de 5.9% y finalmente se adicionó 6% obteniendo 7.20% de CBR, del análisis se observó que con 6% del estabilizador se incrementó en casi el doble en cuanto al suelo natural en donde el tesista firma que tiene una tendencia ascendente.

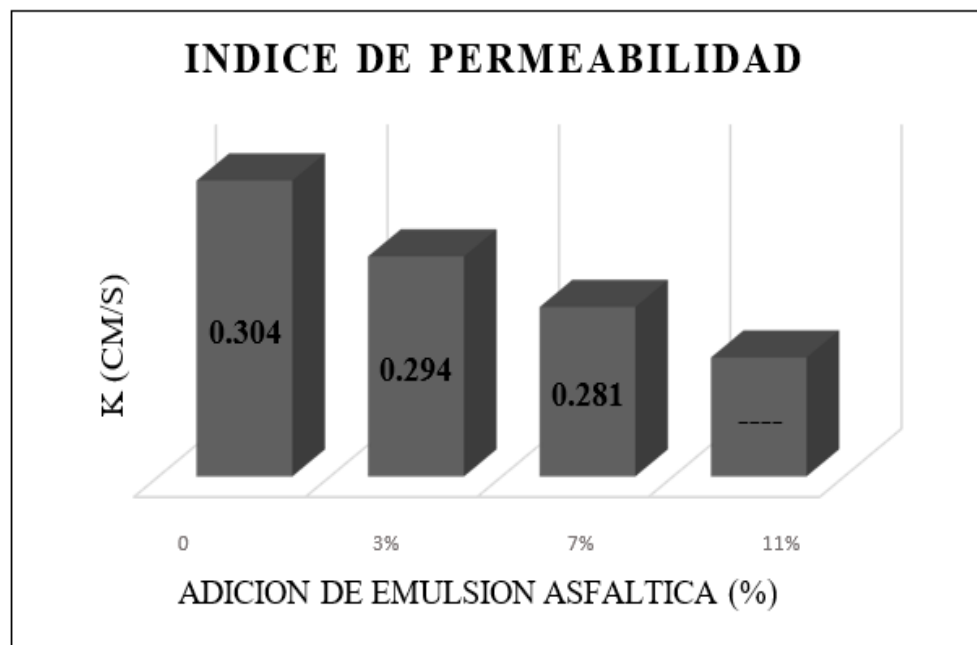
Se concuerda con el investigador que al aumentar el porcentaje de la emulsión asfáltica la capacidad de soporte aumenta, en nuestra investigación la capacidad de soporte aumenta al aplicar 3% se obtuvo un CBR de 8.20% y finalmente se adicionó 7% obteniendo 21.6% de CBR, pero como también se tiene que recalcar que no siempre aumentará la capacidad de soporte ya que el exceso de emulsión afecta en la adherencia con el suelo, así como también afectado la trabajabilidad.

DISCUSION N° 04

Objetivo Específico N° 03:

Evaluar el índice de permeabilidad al aplicar la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.

Durante el análisis y el ensayo de permeabilidad de la investigación se observó que la propiedad mecánica del suelo tuvo muchos cambios respecto al incremento del índice de permeabilidad, esto debido a la incorporación de la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta lo cual resultó un factor que mejoró la subrasante patrón clasificado como limo arenoso con grava, finalmente el terreno patrón paso a ser un suelo impermeable evitando el bombeo de finos debido a las filtraciones del agua.



Presentamos la gráfica donde se indica el óptimo porcentaje de emulsión asfáltica, demostrando que estamos cumpliendo con las especificaciones técnicas para que esta subrasante tenga una impermeabilidad alta.

CONCLUSIONES

- La emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta aumentó las propiedades de la subrasante debido a las características aglomerantes como agente ligante que ésta posee. El Contenido Óptimo de Emulsión asfáltica fue realizada por el Método del Instituto del Asfalto, el cual se tuvo como porcentaje teórico 6.822 %, sin embargo, para una mejor comparativa y/o caracterización adicionando dicha emulsión, se pasó a usar los porcentajes de 3,7 y 11% para una mejor comparación y análisis.
- Una vez realizado y teniendo los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras analizadas, se obtuvo los parámetros en referencia para su caracterización del tipo de material que ésta va a poseer.
- La exploración de cielos abiertos (calicata) fue realizada de forma intercalada, debido a que el mayor esfuerzo de nuestra subrasante se dará en los lados; asimismo los resultados del Ensayo de Granulometría: Para la clasificación SUCS y AASHTO (clasificación para Carreteras):
 - Calicata N° 1: ML – CL; A – 6; Limo Arenoso
 - Calicata N° 2: ML; A – 4; Arcilla Limo Arenosa
 - Calicata N° 3: SM; A – 4; Arena Limosa con Grava

Los resultados para la Determinación del Valor Relativo de Soporte C.B.R., son: 5.9

% (Sub Rasante Insuficiente), 5.6 % (Sub Rasante Insuficiente) y 11.3 % (Sub Rasante Buena), cuyos datos fueron caracterización por el Manual de Suelos y Pavimentos, asimismo se tienen sub rasantes pobres e inadecuadas.

- Teniendo los resultados de la muestra patrón se pasó a analizar y comparar las nuevas condiciones. La estabilización de Suelos mediante la emulsión asfáltica adicionando los porcentajes 3, 7 y 11%, ayudó y mejoró las características de la subrasante,

elevando el CBR, sin embargo, se tuvo una peculiaridad la cual fue: Al adicionar un excesivo porcentaje de emulsión asfáltica 11 % (621.43 gr), no eleva la capacidad por el contrario se puede ver un descenso de ésta produciendo un efecto nulo.

- Los resultados del Ensayo para la Permeabilidad nos muestran suelos pocos permeables en el caso de las C-1, C-2; la C-3 es a su vez un suelo moderadamente permeable, este tipo de suelo por ende es la que posee mayor filtración, al emplear la emulsión asfáltica se observó el aumento del coeficiente de permeabilidad, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad, debido a sus características como agente impermeabilizante, cabe resaltar que para porcentajes de emulsión superiores (11%) se limitó su aplicación ya que dificulta la trabajabilidad para realizar los ensayos.

RECOMENDACIONES

- Dentro de la presente investigación, se recomienda tener gran interés en este proyecto, para los futuros profesionales, en busca de realizar mejoras continuas.
- Se recomienda aplicar la estabilización con emulsión asfáltica a subrasantes limos arenosas cuyos valores de CBR sean inferiores al 6%, puesto que el material es caracterizado insuficiente.
- Es recomendado que para la obtención del porcentaje de emulsión asfáltica se use el Ensayo Granulométrico según el Método del Instituto del Asfalto, sin embargo, para un mejor análisis emplear diversos porcentajes (como pueden ser 3%, 7%, 11%) para realizar una mejor comparación entorno al CBR.
- Se recomienda que para valores inferiores entre los rangos 2×10^{-7} y 2×10^{-1} , siendo este último el límite inferior, considerar a estos tipos de suelos como permeable, al momento de realizar los ensayos de permeabilidad, para lo cual el empleo de emulsiones asfálticas será benefactorio debido a su efecto impermeabilizante.
- Se recomienda para futuros proyectos, la aplicación de porcentajes elevados (como pueden ser 11% con pesos de emulsión como 621.43gr) para el caso del proyecto en referencia, no siempre llegarán a elevar la capacidad de la Subrasante y CBR; produciendo un efecto nulo con respecto a la aplicación de ésta, asimismo el empleo de estos porcentajes produjo una limitación en su trabajabilidad en los ensayos debido a sus altos valores.
- Se recomienda que al momento de realizar el ensayo de CBR + emulsión asfáltica se debe de sumergir los moldes (12, 25, 56 golpes) por 4 días, condición en la cual se pudo aparentar la condición más crítica del suelo + emulsión, para una mejor tomade datos. Para proyectos de gran envergadura es recomendable realizar un buen proceso decostos y presupuestos, ya que puede llegar a ser costoso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alarcón, J., Jiménez, M., & Benítez, R. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitosa. *Revista Ingeniería de Construcción*.
- Aliaga, F., & Soriano, C. (2019). Análisis Comparativo de Estabilización con Cemento Portland y Emulsión Asfáltica en Bases Granulares. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Ricardo Lima, Lima.
- Almeida, F., & Ernesto, S. (2017). Estabilización de Suelos con el Uso de Emulsiones Asfálticas Catiónicas de Rotura Lenta. Caso de Estudio Vía las Mercedes - Puerto Nuevo, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. (*Tesis de licenciatura*). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Alonso, A., Zambrano, I., & Tejeda, E. (16 de Julio de 2020). Materiales granulares mejorados con emulsión asfáltica catiónica para subbases de pavimentos. *Revista Infraestructura Vial*.
- Anchundia, S. (2007). Estabilización de subrasantes mediante el sistema arena emulsión asfáltica. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja.
- Angelone, S., Garibay, M., & Cauhapé, M. (2006). *Geología y Geotecnia Permeabilidad de Suelos*. Rosario.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación Introducción a la Metodología Científica*. Episteme.
- ASTM D 2397. (2005). *American Society for Testing and Materials*.
- Baena, G. (2018). *Metodología de la Investigación*. San Juan Tilhuaca.
- Bakieva, M., Gonzáles Such, J., & Jornet, J. (s.f.). *SPSS: ANOVA de un*

Factor.

Universitat de Valencia, Valencia.

Braja, D. (2013). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.

Braja, D. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Producción y Plataformas Digitales para Latinoamérica.

CE020. (2012). *Estabilización de Suelos y Taludes*.

DG. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico*.

Divas, A. (2018). Estabilización de Suelos Con Emulsión Asfáltica para el Empleo en Subbases y Bases. *Tesis de Licenciatura*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Galarreta, W., & Llenque, S. (2019). Influencia de la Adición de Emulsión Asfáltica en la Estabilidad de los Suelos del Centro Poblado de Villa Hermosa en el Distrito la Esperanza. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

Gamero, C. (2019). Capacidad Portante (CBR) de un Suelo Areno-Arcilloso con la Incorporación de Asfalto Líquido RC-250 al 2%, 4%, 6%. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca.

Gomez, S. (2012). *Metodología de la Investigación*. México.

Hernández, A. (2016). Análisis Comparativo de un Material Estabilizado con Cal y Cemento. *Tesis de Ingeniero Civil*. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, México.

Hernandez, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Ciudad de Mexico: INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

IMT. (2001). *Emulsiones Asfálticas*.

López, P. (2006). Tratamiento estadístico a los datos obtenidos en la

- determinación de Plomo en alimentos. (*Tesis de licenciatura*).
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Ludeña, J. (2017). Aplicación de Mezclas Asfálticas Emulsionadas (Maep),
en la Conservación Vial de la Carretera a Antamina Ancash - Perú
2017. (*Tesis de licenciatura*). Universidad César Vallejo, Lima.
- Maya, E. (2014). *Métodos y Técnicas de Investigación*. México.
- Menéndez, J. (2016). *Ingeniería de Pavimentos Materiales, Diseño y
Conservación*.
Lima: Fondo Editorial ICG.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y
Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos*. Lima.
- MTC. (2017). *Plataforma Digital Única del Estado Peruano*.
Obtenido de <https://www.gob.pe/mtc>
- Muñoz, C. (2015). *Metodología de la
Investigación*. Oxford. NTP 321.059. (2014).
Norma Técnica Peruana.
- NTP 339.175. (2002). *Norma Técnica Peruana*.
- Ordaz, J., Melgar, M. d., & Rubio, C. (s.f.). Métodos Estadísticos y
Económicos en la Empresa y Para Finanzas. *Introducción a las
Técnicas de Análisis Multivariante*. Universidad Pablo de Olavide,
Sevilla.
- Ospina, M., Chavez, S., & Jiménez, L. (2020). Mejoramiento de subrasantes
de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero. *Revista de
Investigación, Desarrollo e Innovación*.
Pavimentos. (16 de Junio de 2014). Obtenido de <https://libro->

pavimentos.blogspot.com/2014/06/agentes-emulsificantes.html

Quiroz, W. (2017). *Comparación entre la estabilización de suelos con emulsión asfáltica, y la estabilización de suelos con asfalto y diésel para determinar cuál estabilización proporciona mayor densidad aparente y relación de soporte.* Ambato.

Rico, A., & Del Castillo, H. (1977). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas.* Ciudad de México: Editorial Limusa S.A.de Grupo Noriega Editores.

Rojas, J. (2018). Aplicación de la emulsión asfáltica en la estabilización de la sub rasante de la carretera afirmada de tercera clase. (*Tesis de licenciatura*). Universida CésarVallejo, Lima.

Sainz, J., & Jové, F. (2010). *La arquitectura construída en tierra.* Valladolid.

Suxe, R. (2018). Aplicación de Emulsión Asfáltica para Estabilizar el Afirmado de la Carretera Bagua Grande - Buena Vista, Región Amazonas 2017. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo.

Ulloa, A. (2012). *Preparación de Emulsiones Asfálticas en Laboratorio.*

Sanfandila. Valderrama, S. (2016). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Perú:

San Marcos.

Velásquez, M. (1989). *Manual del Asfalto The Asphalt Institute* . Bilbao.

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DESCRIPCIÓN		NORMA		
Nº	ENSAYOS	ASTM	NTP	MTC
1 Ensayos de Laboratorio (Estándar)				
1.1.	Excavación a Cielos Abiertos	--	--	--
1.2.	Muestreo del Suelo	D -4220	339.151	--
2 Ensayos de Laboratorio (Especial)				
2.1.	Contenido de Humedad	D -2216	339.127	MTC E - 108
2.2.	Análisis Granulométrico	D -422	339.128	MTC E - 107
2.3.	Límites de Consistencia	D -4318	339.129	MTC E 110-112
2.4.	Clasificación de Suelos	D -2487	339.134	--
2.5.	Proctor Modificado	D -1557	339.141	MTC E - 115
2.6.	CBR (California Bearing Ratio)	D -1883	339.145	MTC E - 132
2.7.	Ensayo de Permeabilidad	D -5084	339.147	--
2.8.	Emulsión Asfáltica	--	--	CE.020

Nota. Cantidad de ensayos que utilizaremos 8, ya que nos ayudará a cumplir con todos nuestros objetivos generales y específicos.

Fuente: Elaboración Propia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: EMULSIÓN ASFALTICA CATIONICA DE ROTURA LENTA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE EN ZONAS ALTOANDINAS, TRAMO PE-18-UCHUCCHACUA - DESVÍO CERRO DE PASCO -2023							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			ESCALA DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA
			VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES		
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	INDEPENDIENTES	"Emulsión Asfáltica Cationica de Rotura Lenta"	Agua (litros)	L	TIPO DE INVESTIGACIÓN:
¿Cuál es el porcentaje de emulsión asfáltica cationicas de rotura lenta para estabilizar una subrasante de baja capacidad portante en zonas altoandinas?	Determinar el óptimo porcentaje de emulsión asfáltica cationica de rotura lenta contribuyen en la estabilización de la subrasante de baja capacidad portante en zonas altoandinas.	La adaptación de la emulsión asfáltica cationica de rotura lenta aumenta la estabilidad y capacidad portante de la subrasante, en zonas altoandinas.	INDEPENDIENTES	"Emulsión Asfáltica Cationica de Rotura Lenta"	Agua (litros)	L	Aplicada
				Dosificación	Emulsificante (0.1-1.8%)	%	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:
							Cuantitativo
							DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:
							Experimental
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS				NIVEL DE INVESTIGACIÓN:	
¿Cuáles son las características y propiedades de la subrasante en zonas altoandinas?	Determinar las características y propiedades de la subrasante en zonas altoandinas.	Las características y propiedades de la subrasante se encuentran en condiciones deficientes en zonas altoandinas.	DEPENDIENTES	"Subrasante"	Índice Granulométrico	Tamiz	Investigación Explicativa
				Propiedades físicas del suelo	Contenido de humedad	%	POBLACIÓN:
					Proctor Modificado	gr/cm3	Tramo PE-18-Uchucchacua – Desvío Cerro de Pasco
					Límites de Atterberg	-	MUESTRA:
				Propiedades	Índice del CBR	%	Suelos del tramo de

			mecánicas del suelo	Ensayo de Permeabilidad	m/s	9 km de la Carretera Tramo PE-18-Uchucchacua-Desvío Cerro De Pasco
¿Cuáles son los resultados de la capacidad de soporte CBR incorporando la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas?	Evaluar la capacidad de soporte CBR incorporando la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.	La capacidad portante CBR aumenta progresivamente incorporando la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.	Clasificación de suelos	A-1-a	-	MUESTREO: No probabilístico TÉCNICAS DE OBTENCIÓN DE DATOS: Ensayos
¿Cuáles son los resultados del índice de permeabilidad aplicando la emulsión asfáltica de catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas?	Evaluar el índice de permeabilidad al aplicar la emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta a subrasantes de baja capacidad portante en zonas altoandinas.	El índice de permeabilidad incrementa significativamente en la subrasante haciéndolo menos sensible a los cambios de la humedad.		A-1-b A-2 A-3 A-4 A-5 A-6 A-7		

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

EMULSIÓN ASFALTICA CATIONICA DE ROTURA LENTA PARA ESTABILIZAR					
TITULO: SUBRASANTES DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE EN ZONAS ALTOANDINAS, TRAMO PE-18-UCHUCCHACUA-DESVÍO CERRO DE PASCO -2023.					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONE S	INDICADORE S	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTES "Emulsión Asfáltica"	Es una dispersión estable de pequeños glóbulos de asfalto de agua como el asfalto y el agua son inmiscibles, por medio de un agente emulsificante se lo de la disolución y la mezcla de los dos. Las emulsiones asfálticas son los materiales asfálticos líquidos estables constituidos por dos fases, no miscibles en las que se en las que la fase continua de la emulsión está formada por pequeños glóbulos de cemento asfáltico.	En la presente investigación el porcentaje de la emulsión asfáltica para el ensayo de CBR fue de 3, 7 y 11% con el objetivo de comprobar cuánto ha mejorado la subrasante, teniendo en cuenta que el CBR debe de estar al 95%, cabe resaltar que dichos resultados nos permiten caracterizar la mezcla suelo-emulsión.	Dosificación	Agua (litros)	L
DEPENDIENTES "Subrasante"	La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de	La subrasante según la a clasificación por el Sistema AASHTO comprende a un A-7		<u>Índice granulométrico</u>	Tamiz

la carretera que se construyen del terreno natural allanado o explanada del pavimento.	viene a ser un LH (limo de alta plasticidad) este se encuentra con un índice de plasticidad alta por lo cual es clasificado como suelo arcilloso, el Índice de Grupo se encuentra entre 4-9 que viene a ser un suelo de subrasante insuficiente.	Propiedades físicas del suelo	Contenido de humedad	%
			Proctor Modificado	gr/cm3
			Límites de Atterberg	-
		Propiedades mecánicas del suelo	Índice de CBR	%
			Índice de Permeabilidad	m/s
		Clasificación de suelos	A-1-a A-1-b A-2 A-3 A-4 A-5 A-6 A-7	

PANEL FOTOGRÁFICO

Ubicación de la Calicata N° 01 (Lado Izquierdo)



Ubicación de la Calicata N° 02 (Lado Derecho)



Ubicación de la Calicata N° 03 (Lado Izquierdo)



Excavación a cielo abierto de la Calicata N° 01 – 136 + 530.00 Km



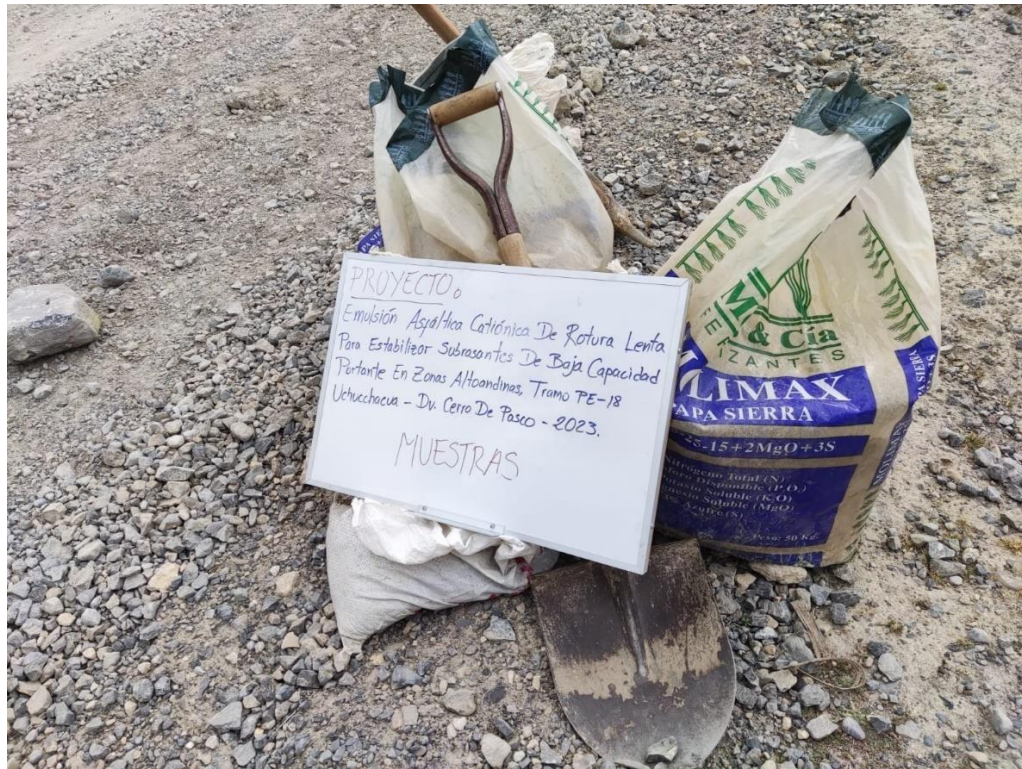
Excavación a cielo abierto de la Calicata N° 02 – 139 + 530.00 Km



Excavación a cielo abierto de la Calicata N° 03 – 142 + 530.00 Km



Obtención de muestras para realizar los ensayos en laboratorio



Muestras en laboratorio para realizar ensayos



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Cuarteo a la muestra de la calicata N° 01



Se toma el peso de la muestra



Selección de tamices y colocación de la muestra



Colocación de los tamices en la vibradora



Pesaje de las muestras por tamices



CONTENIDO DE HUMEDAD

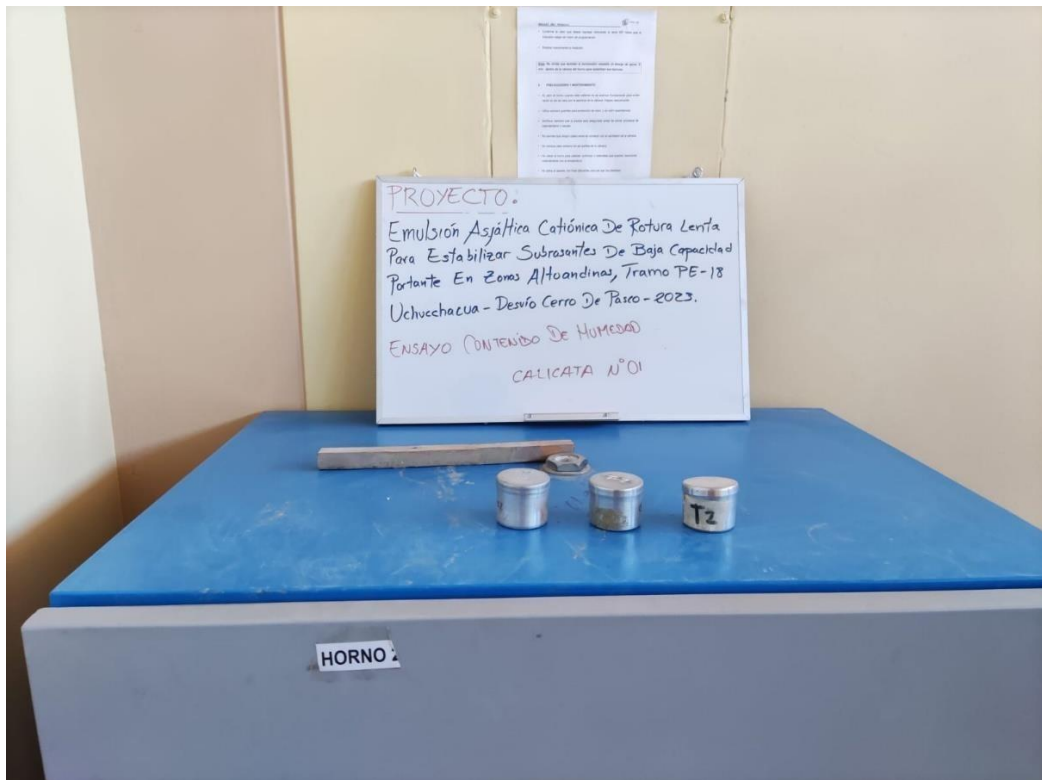
Peso del recipiente



Peso del recipiente y la muestra saturada



Se seca la muestra en el horno



Se seca la muestra de la Calicata N° 01 en el horno



Se seca la muestra de la Calicata N° 02 en el horno



Se seca la muestra de la Calicata N° 03 en el horno



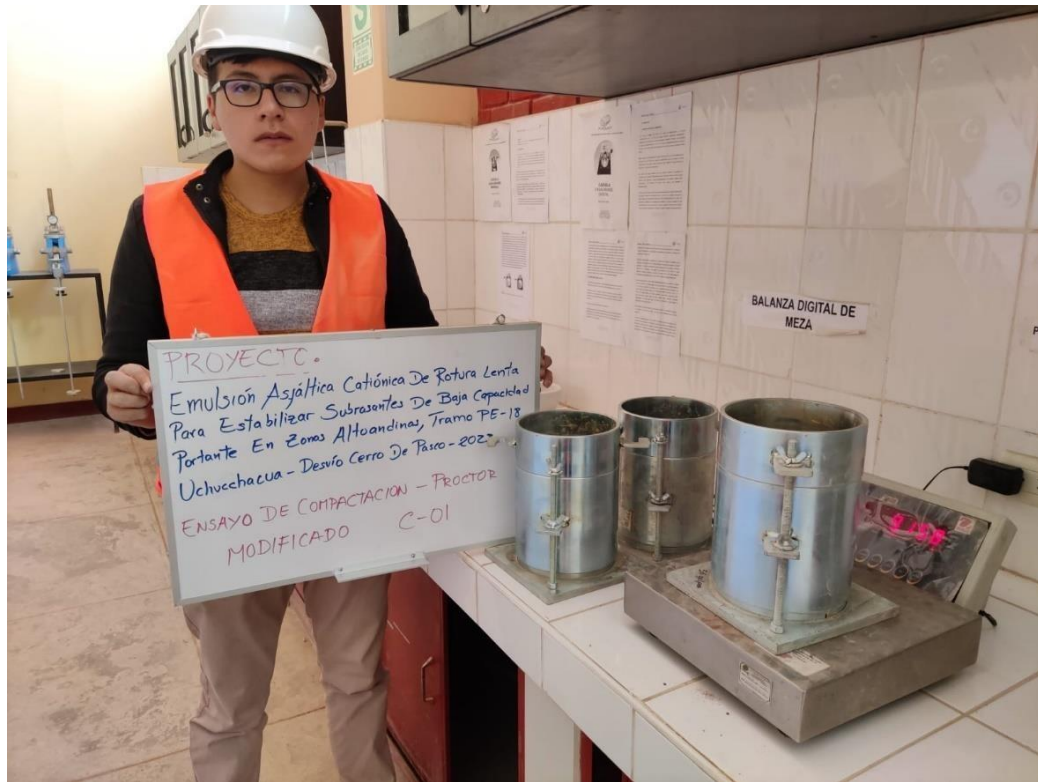
LIMITES DE CONSISTENCIA

Rollitos con el suelo para ver la plasticidad de suelo



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Selección del molde para el ensayo



Se colocan 5 capas con 25 golpes por capa



Se quita el anillo y enrasado de la muestra para su pesaje



ENSAYO DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR

Selección de moldes para el ensayo



Ensayo de CBR a la muestra de la calicata N° 01



Ensayo de CBR a la muestra de la calicata N° 02



Ensayo de CBR a la muestra de la calicata N° 03



ENSAYO DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR SUELO + EMULSION

Selección de la Muestra mediante el Tamizado - Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión 3%



Muestra seleccionada para el Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión 3%



Muestra seleccionada para el Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión 7%



Muestra seleccionada para el Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión 11%



Moldes empleados para realizar el Ensayo CBR



Proceso de Mezclado para el Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 3 %



Proceso de Mezclado para el Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 7 %



Proceso de Mezclado para el Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 11 %



Proceso de Mezclado para el Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 11 %



Proceso de Compactación con el Pistón – Ensayo Proctor Modificado/ Suelo + Emulsión Asfáltica 3%



Proceso de Compactación con el Pistón – Ensayo Proctor Modificado/ Suelo + Emulsión Asfáltica 7 %



Proceso de Compactación con el Pistón – Ensayo Proctor Modificado/ Suelo + Emulsión Asfáltica 11 %



Enrasado de la Muestra – Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 3%



Enrasado de la Muestra – Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 7%



Enrasado de la Muestra – Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 11%



Medición del Hinchamiento - Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 3%



Medición del Hinchamiento - Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 7%



Medición del Hinchamiento - Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 11%



Moldes antes del Proceso de Saturación - Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 3 %



Moldes antes del Proceso de Saturación - Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 7 %



Moldes antes del Proceso de Saturación - Ensayo CBR/ Suelo + Emulsión Asfáltica 11 %



Moldes Sumergidos en agua por 4 días – Condición más crítica/ Suelo – Emulsión Saturada 3 %



Moldes Sumergidos en agua por 4 días – Condición más crítica/ Suelo – Emulsión Saturada 7

%





Moldes Sumergidos en agua por 4 días – Condición más crítica/ Suelo – Emulsión Saturada 11

%



ANEXO 4. CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION	Código:	---	
	FACULTAD DE INGENIERIA	Versión:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Fecha:	Mar-23	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Página:	1	

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422; NTP 339.128)**

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICO y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL SOLICITANTE	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 01
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro
		EQUIPO: Tamiz Granulométrico
		FABRICADO: Según Norma ASTM E-11

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200	0.00			100.0	---	Contenido de Humedad (%):	27.12
2"	50.800	0.00	0.0	0.0	100.0	---	CONSISTENCIA	
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	0.0	100.0	---	Límite Líquido (LL):	40.00
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	---	Límite Plástico (LP):	29.00
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	---	Índice Plástico (IP):	11.00
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	---	CLASIFICACION DEL SUELO	
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	---	Clasificación (SUCS) :	ML
N°4	4.750	70.10	8.5	8.5	91.5	---	Clasificación (AASHTO) :	A-6
N°8	2.360	69.60	8.5	17.0	83.0	---	Índice de Grupo (IP):	3
N°10	2.000	18.20	2.2	19.2	80.8	---	Descripción (AASHTO) :	MALO
N°16	1.190	35.10	4.3	23.5	76.5	---	OBSERVACIONES :	
N°20	0.840	25.40	3.1	26.6	73.4	---	Limo arenoso	
N°30	0.600	36.70	4.5	31.0	69.0	---	Baja plasticidad	
N°40	0.425	60.80	7.4	38.4	61.6	---		
N°50	0.300	35.80	4.4	42.8	57.2	---		
N°80	0.177	44.60	5.4	48.2	51.8	---		
N°100	0.150	14.20	1.7	49.9	50.1	---		
N°200	0.075	23.70	2.9	52.8	47.2	---		
< N°200	FONDO	388.10	47.2	100.0	0.0	---		



Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú
(063) 422197





rectorado@undac.edu.pe



undac.edu.pe

UNDAC

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Versión:	---	
		Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422; NTP 339.128)**

DATOS DEL PROYECTO:

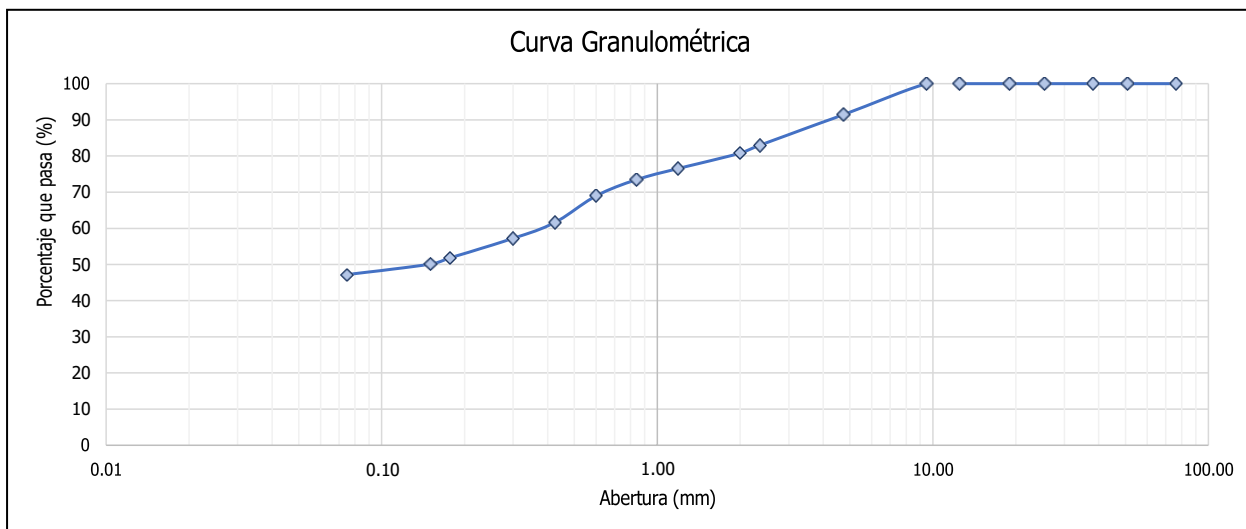
SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICHÓ y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL SOLICITANTE	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 01
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:	Tamiz Granulométrico
FABRICADO:	Según Norma ASTM E-11





Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú
(063) 422197



rectorado@undac.edu.pe
undac.edu.pe

UNDAC

La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION	Código:	---	
	FACULTAD DE INGENIERIA	Versión:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Fecha:	Mar-23	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Página:	1	

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422; NTP 339.128)**

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICHU y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL SOLICITANTE	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 02
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA
PROCEDECENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro
		EQUIPO: Tamiz Granulométrico
		FABRICADO: Según Norma ASTM E-11

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200	0.00			100.0		Contenido de Humedad (25.56
2"	50.800	0.00	0.0	0.0	100.0		CONSISTENCIA	
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	0.0	100.0		Límite Líquido (LL):	26.00
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0		Límite Plástico (LP):	21.00
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico (IP):	5
1/2"	12.500	7.00	0.5	0.5	99.5		CLASIFICACION DEL SUELO	
3/8"	9.500	36.00	2.4	2.9	97.1		Clasificación (SUCS) :	CL - ML
N°4	4.750	717.00	48.4	51.3	48.7		Clasificación (AASHTO) :	A - 4
N°8	2.360	50.70	3.4	54.7	45.3		Índice de Grupo (IP):	1.00
N°10	2.000	11.10	0.7	55.4	44.6		Descripción (AASHTO) :	
N°16	1.190	34.10	2.3	57.7	42.3		OBSERVACIONES :	
N°20	0.840	5.70	0.4	58.1	41.9		Arcilla limo arenosa	
N°30	0.600	26.50	1.8	59.9	40.1		Baja plasticidad	
N°40	0.425	18.60	1.3	61.2	38.8			
N°50	0.300	23.20	1.6	62.7	37.3			
N°80	0.177	43.30	2.9	65.6	34.4			
N°100	0.150	22.00	1.5	67.1	32.9			
N°200	0.075	49.20	3.3	70.4	29.6			
< N°200	FONDO	438.2	29.55618508	100	0			



Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú



rectorado@undac.edu.pe

UNDAC

(063) 422197

undac.edu.pe



**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA**

Código: ---

Versión: ---

Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

Fecha: Mar-23

Mar-23

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Página: 1

1



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422; NTP 339.128)**

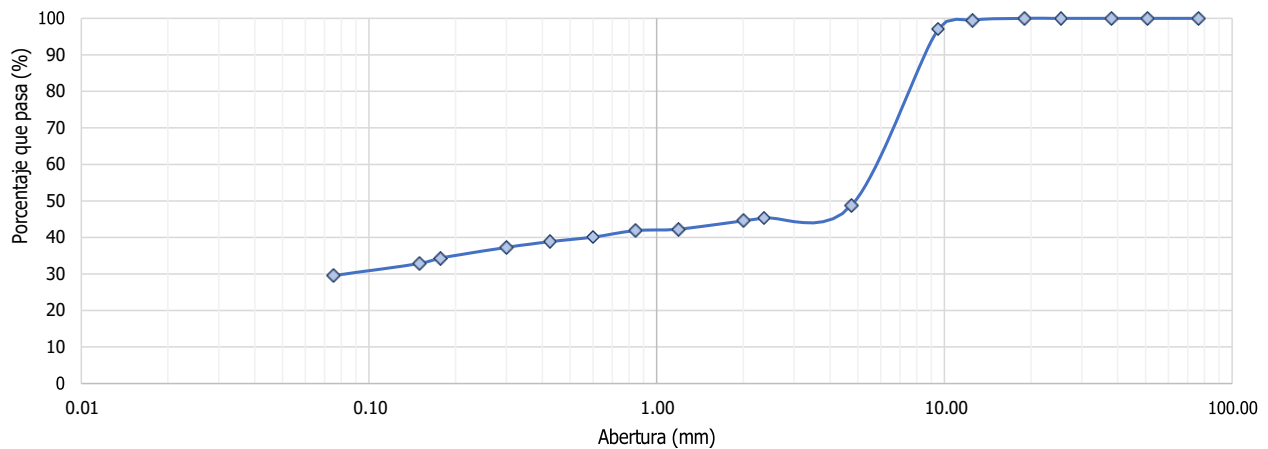
DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICHU y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL SOLICITANTE	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE			DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO	
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 02	EQUIPO:	Tamiz Granulométrico
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO	FABRICADO:	Según Norma ASTM E-11
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA		
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco		
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro		

Curva Granulométrica



Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú

(063) 422197





rectorado@undac.edu.pe

undac.edu.pe

UNDAC

La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Versión:	---	
		Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422; NTP 339.128)



DATOS DEL PROYECTO:



SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICO y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL SOLICITANTE	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA



MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 03
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro
		EQUIPO: Tamiz Granulométrico
		FABRICADO: Según Norma ASTM E-11

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200	0.00			100.0		Contenido de Humedad (%):	52.96
2"	50.800	577.70	21.8	21.8	78.2		CONSISTENCIA	
1 1/2"	38.100	374.20	14.2	36.0	64.0		Límite Líquido (LL):	37.00
1"	25.400	302.20	11.4	47.4	52.6		Límite Plástico (LP):	30.00
3/4"	19.000	173.00	6.5	54.0	46.0		Índice Plástico (IP):	7.00
1/2"	12.500	186.40	7.0	61.0	39.0		CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
3/8"	9.500	236.40	8.9	70.0	30.0		Clasificación (SUCS) :	SM
N°4	4.750	310.60	11.7	81.7	18.3		Clasificación (AASHTO) :	A - 4
N°8	2.360	13.50	0.5	82.2	17.8		Índice de Grupo (IP):	0
N°10	2.000	21.80	0.8	83.0	17.0		Descripción (AASHTO) :	REG.MALO
N°16	1.190	19.50	0.7	83.8	16.2		OBSERVACIONES :	
N°20	0.840	10.50	0.4	84.2	15.8		Arcilla limosa con grava	
N°30	0.600	16.60	0.6	84.8	15.2			
N°40	0.425	16.40	0.6	85.4	14.6			
N°50	0.300	22.10	0.8	86.3	13.7			
N°80	0.177	41.20	1.6	87.8	12.2			
N°100	0.150	10.10	0.4	88.2	11.8			
N°200	0.075	40.40	1.5	89.7	10.3			
< N°200	FONDO	271.60	10.3	100.0	0.0			

 Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú
 (063) 422197

 rectorado@undac.edu.pe
 undac.edu.pe

UNDAC

<i>La calidad es nuestro compromiso.</i> 	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Versión:	---	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422; NTP 339.128)**

DATOS DEL PROYECTO:

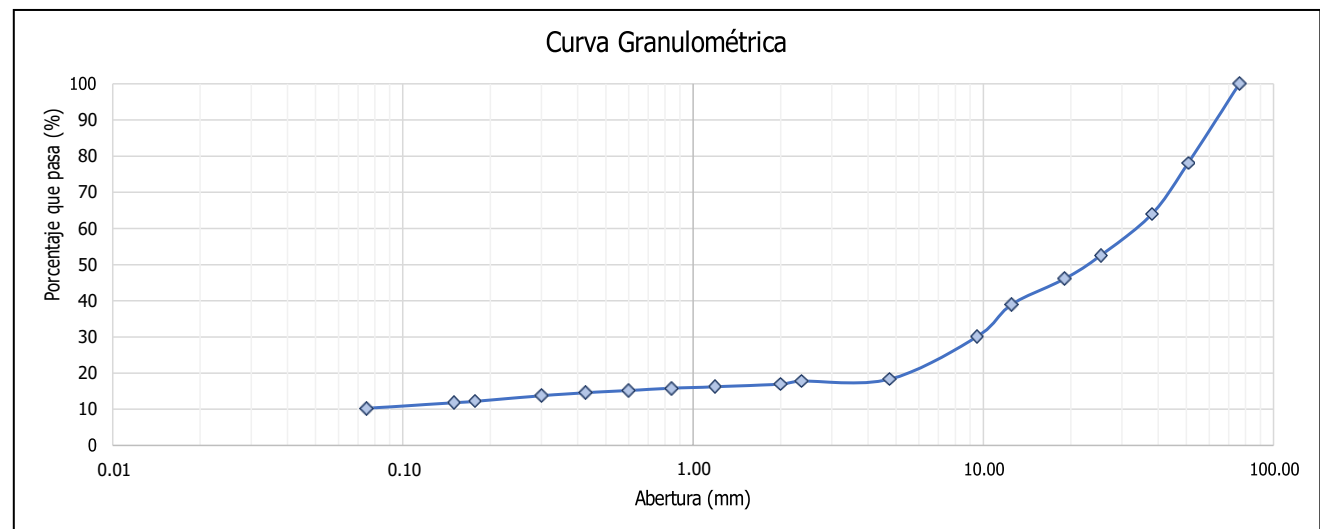
SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICHÓ y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL SOLICITANTE	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 03
TIPO DE MATERIAL	: SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:	Tamiz Granulométrico
FABRICADO:	Según Norma ASTM E-11





Av. Los Próceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú
(063) 422197



rectorado@undac.edu.pe
undac.edu.pe

UNDAC

<i>La calida es nuestro compromiso.</i> 	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA		Código:	---	
			Versión:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil		Fecha:	Mar-23	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos		Página:	1	

LIMITES DE CONSISTENCIA
(ASTM D4318; NTP 339.129)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Anderson MATEU PICHU y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL SOLICITANTE	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

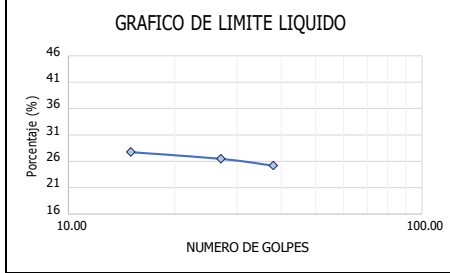
DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE			EQUIPO:
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 01	CAZUELA DE CASAGRANDE
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO	
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA	
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco	
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro	

PESO DEL SUELO SECO grs	12.61	13.30	12.94
CONTENIDO DE HUMEDAD %	27.76	26.47	25.19
NUMERO DE GOLPES	15	27	38

LIMITE PLÁSTICO

TARA	T-07	T-01	T-28
PESO TARA + SUELO HUMEDO grs	13.49	13.89	13.69
PESO TARA + SUELO SECO grs	12.91	13.34	13.11
PESO DE LA TARA grs	10.95	11.43	11.05
PESO DE AGUA grs	0.58	0.55	0.56
PESO DEL SUELO SECO grs	1.96	1.91	1.93
CONTENIDO DE HUMEDAD %	29.59	28.80	28.64
% PROMEDIO	29		



Limite Liquido (%)	26
Limite Plástico (%)	21
Índice Plasticidad (%):	5
Clasificación SUCS	CL - ML
Clasificación AASHTO	A - 4
Ing. Responsable	---
Tec. Responsable	---
Fecha de entrega	---



Av. Los Próceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú



(063) 422197



rectorado@undac.edu.pe



undac.edu.pe

UNDAC



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA		Código:	---
Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil		Versión:	---
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos		Fecha:	Mar-23
		Página:	1



LIMITES DE CONSISTENCIA
(ASTM D4318; NTP 339.129)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICHYO y Bach. Keyvn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL SOLICITANTE	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 03
TIPO DE MATERIAL	: SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDECENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

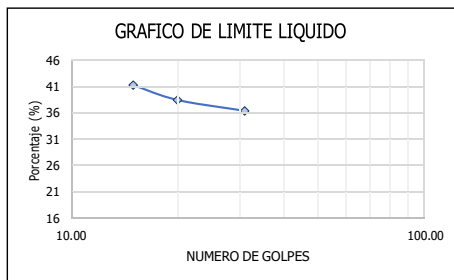
EQUIPO:
CAZUELA DE CASAGRANDE

LIMITE LIQUIDO



TARA	T-04	T-08	T-09
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA grs	45.44	47.03	46.98
PESO DEL SUELO SECO + TARA grs	41.78	43.71	43.88
PESO DE AGUA grs	3.66	3.32	3.10
PESO DE LA TARA grs	32.92	35.08	35.37
PESO DEL SUELO SECO grs	8.86	8.63	8.51
CONTENIDO DE HUMEDAD %	41.31	38.47	36.43
NUMERO DE GOLPES	15	20	31

LIMITE PLÁSTICO

TARA	T-13	T-01	T-17
PESO TARA + SUELO HUMEDO grs	14.90	12.83	14.65
PESO TARA + SUELO SECO grs	14.09	12.46	14.54
PESO DE LA TARA grs	11.43	11.19	11.35
PESO DE AGUA grs	0.81	0.37	0.56
PESO DEL SUELO SECO grs	2.66	1.27	1.86
CONTENIDO DE HUMEDAD %	30.45	29.13	29.17
% PROMEDIO	30		



Límite Líquido (%)	37
Límite Plástico (%)	30
Índice Plasticidad (%):	7
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A - 4
Ing. Responsable	---
Tec. Responsable	---
Fecha de entrega	---

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---		
		Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Versión:		---
		Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Fecha:		Mar-23
			Página:		1

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216-19; NTP 339.127)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 01
TIPO DE MATERIAL	: SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:	Horno de 0°C a 300°C
----------------	----------------------

TARA	T-05	T-24	T-08
PESO TARA + SUELO HUMEDO grs	404.00	376.00	401.00
PESO TARA + SUELO SECO grs	330.00	306.00	331.00
PESO DE LA TARA grs	65.00	55.00	57.00
PESO DE AGUA grs	74.00	70.00	70.00
PESO DEL SUELO SECO grs	265.00	251.00	274.00
% DE HUMEDAD	27.92	27.89	25.55
PROMEDIO % DE HUMEDAD	27.12		

📍 Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú

☎ (063) 422197





✉ rectorado@undac.edu.pe



undac.edu.pe

UNDAC

La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Versión:	---	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216-19; NTP 339.127)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE



CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 02
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro



DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:



Horno de 0°C a 300°C

TARA	T-05	T-24	T-08
PESO TARA + SUELO HUMEDO grs	360.00	376.00	391.00
PESO TARA + SUELO SECO grs	300.00	326.00	311.00
PESO DE LA TARA grs	60.00	65.00	65.00
PESO DE AGUA grs	60.00	50.00	80.00
PESO DEL SUELO SECO grs	240.00	261.00	246.00
% DE HUMEDAD	25.00	19.16	32.52
PROMEDIO % DE HUMEDAD	25.56		

 Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú
 (063) 422197

 rectorado@undac.edu.pe
 undac.edu.pe

UNDAC
La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN	Código:	---	
	FACULTAD DE INGENIERIA	Versión:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Fecha:	Mar-23	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Página:	1	

**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D2216-19; NTP 339.127)**

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE



CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 03
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro



DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:

Horno de 0°C a 300°C

TARA	T-07	T-34	T-18
PESO TARA + SUELO HUMEDO grs	440.00	450.00	430.00
PESO TARA + SUELO SECO grs	300.00	326.00	311.00
PESO DE LA TARA grs	70.00	70.00	71.00
PESO DE AGUA grs	140.00	124.00	119.00
PESO DEL SUELO SECO grs	230.00	256.00	240.00
% DE HUMEDAD	60.87	48.44	49.58
PROMEDIO % DE HUMEDAD	52.96		

 Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú
 (063) 422197

 rectorado@undac.edu.pe
 undac.edu.pe

UNDAC
La calida es nuestro compromiso.

PROCTOR MODIFICADO
ASTM D1557-2, NTP 339.142

DATOS DEL PROYECTO:

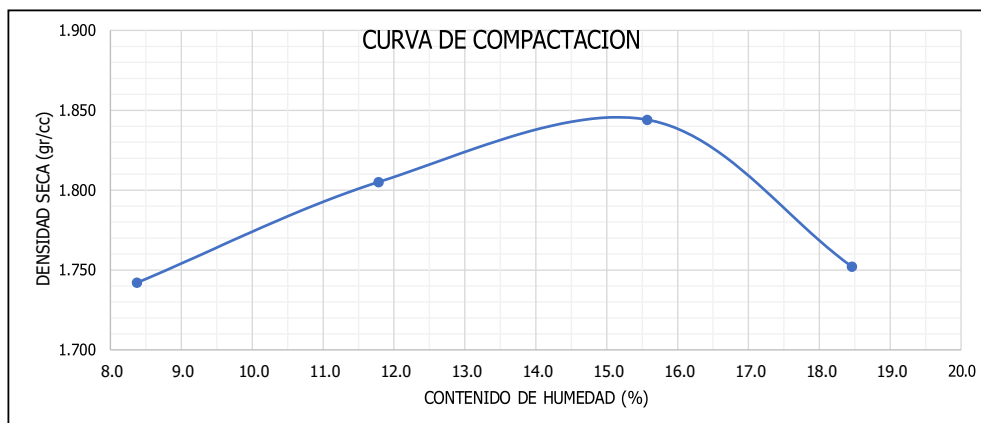
SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICHU y Bach. Keyvyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA



MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 01
TIPO DE MATERIAL	: SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:
PISON MANUAL DEL PROCTOR MODIFICADO



Volumen del Molde	cm3	2105			
Determinación		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
P. del molde + muestra húmeda		6088.7	6209.5	6315	6262.7
Peso del molde gr		4334	4334	4334	4334
P. de la muestra compactada		1754.7	1875.5	1981	1928.7
DENSIDAD HUMEDA gr/cm3		1.888	2.018	2.131	2.075
N° de recipiente o tara		1	2	3	4
P. de la tara + suelo húmedo gr		623.9	627.7	615.2	678.6
Peso de la tara + Suelo seco gr		594.7	587.6	565.7	611.2
P. del agua		29.20	40.10	49.50	67.40
P. de la tara gr		246.1	247.3	247.9	246.1
P. del suelo seco gr		348.6	340.3	317.8	365.1
% de humedad		8.38	11.78	15.58	18.46
Max. Densidad Seca gr/cm3		1.742	1.805	1.844	1.752

<i>La calidad es nuestro compromiso.</i> 	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
		Versión:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Fecha:	Mar-23	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Página:	1	

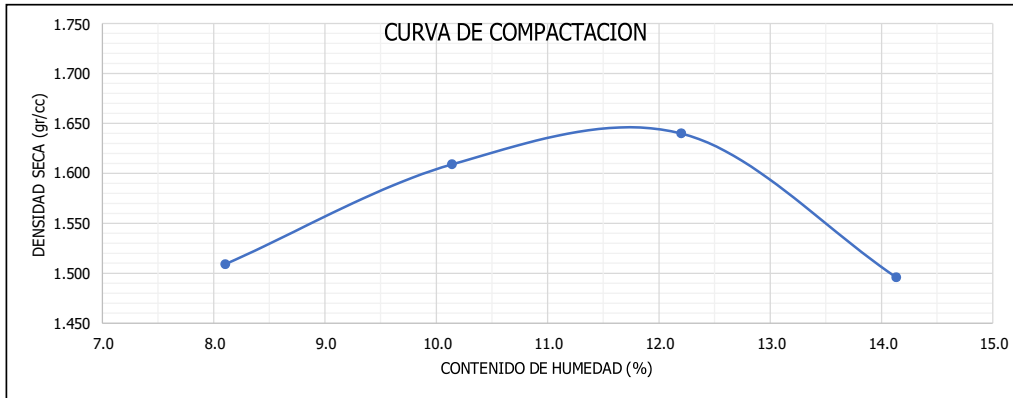
PROCTOR MODIFICADO
ASTM D1557-2, NTP 339.142

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE :	Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL :	
PROYECTO :	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN :	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA :	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE :		DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO
CÓDIGO DE MUESTRA :	Calicata N° 02	EQUIPO:
TIPO DE MATERIAL :	SUELO	PISON MANUAL DEL PROCTOR MODIFICADO
CONDICION DE LA MUESTRA :	ALTERADA	
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN :	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco	
RECEPCION DE MUESTRA :	4 costales de color negro	



Volumen del Molde	cm3	2105	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Determinación			5850	5980.6	6043.8	5920.4
P. del molde + muestra húmeda			4334	4334	4334	4334
Peso del molde gr			1516	1646.6	1709.8	1586.4
P. de la muestra compactada			1.631	1.772	1.84	1.707
DENSIDAD HUMEDA gr/cm3			1	2	3	4
N° de recipiente o tara			551.5	734.1	721.8	676.9
P. de la tara + suelo húmedo gr			528.7	689.3	670.2	623.7
Peso de la tara + Suelo seco gr			22.80	44.80	51.60	53.20
P. del agua			247.3	247.3	247.3	247.3
P. de la tara gr			281.4	442	422.9	376.4
P. del suelo seco gr			8.10	10.14	12.20	14.13
% de humedad			1.509	1.609	1.64	1.496
Max. Densidad Seca gr/cm3						

Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú



(063) 422197

rectorado@undac.edu.pe

undac.edu.pe

UNDAC

La calidad es nuestro compromiso

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Versión:	---	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

PROCTOR MODIFICADO
ASTM D1557-2, NTP 339.142

DATOS DEL PROYECTO:

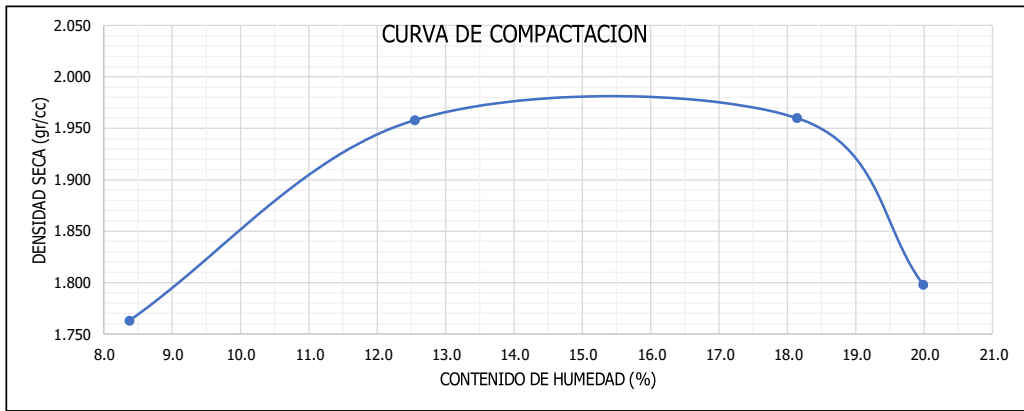
SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA



MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 03
TIPO DE MATERIAL	: SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:
PISON MANUAL DEL PROCTOR MODIFICADO



Volumen del Molde	cm3	2105			
Determinación		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
P. del molde + muestra húmeda		9879.5	10472.3	10613.6	10388.5
Peso del molde gr		5946	5946	5946	5946
P. de la muestra compactada		3933.5	4526.3	4667.6	4442.5
DENSIDAD HUMEDA gr/cm3		1.91	2.198	2.267	2.158
Nº de recipiente o tara		1	2	3	4
P. de la tara + suelo húmedo gr		503.4	426.6	576.7	626
Peso de la tara + Suelo seco gr		483.6	406.6	526.1	562.9
P. del agua		19.80	20.00	50.60	63.10
P. de la tara gr		247.2	247.2	247.2	247.2
P. del suelo seco gr		236.4	159.4	278.9	315.7
% de humedad		8.38	12.55	18.14	19.99
Max. Densidad Seca gr/cm3		1.763	1.958	1.96	1.798

<i>La calidad es nuestro compromiso.</i> 	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Versión:	---	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE			DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 01	EQUIPO:
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO	PRENSA CBR
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA	
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco	
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro	

DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MAXIMA DENSIDAD SECA	=	1.847	gr/cm3
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	=	14.90	%
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA	=	1.754	gr/cm3

ENSAYO CBR

C.B.R. al 100% (%)	0.1":	8.5	0.2":	9.4
C.B.R. al 95% (%)	0.1":	5.9	0.2":	6.9

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 8.5%

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5.9%

📍 Av. Los Próceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú

☎ (063) 422197





rectorado@undac.edu.pe



undac.edu.pe

UNDAC

La calidad es nuestro compromiso

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Versión:	---	
		Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	: Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DE	:
PROYECTO DE	: Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	: MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 01	EQUIPO:
TIPO DE MATERIAL	: SUELO	PRENSA CBR
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: ALTERADA	
PROCEDECENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco	
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro	

Molde N°	1		2		3	
N° Capas	5		5		5	
Golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado
Peso del molde + suelo húmedo gr	13360.3	13627.5	11138.0	11422.0	11933.5	12172.1
Peso del molde	8547	8547	6498	6498	7579	7579
Peso del suelo húmedo gr	4813.3	5080.5	4640.0	4924.0	4354.5	4593.1
Volumen del molde gr	2105	2105	2105	2105	2111	2111
Densidad Humeda	2.287	2.414	2.204	2.339	2.063	2.176
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	66	72	22	47	104	6
Peso del suelo húmedo + recipiente	903.60	919.80	856.00	827.70	824.10	792.70
Peso del suelo seco + recipiente	785.6	789.3	742.2	698.3	712.3	658.3
Peso del agua	118.0	130.5	113.8	129.4	111.8	134.4
Peso de la tara	0	0	0	0	0	0
Peso del suelo seco	785.6	789.3	742.2	698.3	712.3	658.3
%Humedad	15.02	16.53	15.33	18.53	15.70	20.42
DENSIDAD SECA GR/CM3	1.988	2.071	1.911	1.973	1.783	1.807

EXPANSION

Sobre carga (Lbs)		10 Lbs	Sobre carga (Lbs)		10 Lbs	Sobre carga (Lbs)		10 Lbs
Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%
24:00	0.889	0.8	24:00	1.067	0.9	24:00	1.295	1.1
48:00	1.194	1.0	48:00	1.422	1.2	48:00	1.676	1.5
72:00	1.676	1.5	72:00	1.981	1.7	72:00	2.083	1.8
96:00	1.956	1.7	96:00	2.235	1.9	96:00	2.489	2.2

PENETRACIÓN

PENETRACION			TIEMPO	CARGA STAND.	1 56 golpes				2 25 golpes				3 12 golpes			
mm	pulg.	°	CARGA		CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION					
					Kg	%		Kg	%		Kg	%				
0.000	0.000	0°00'		0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0			
0.635	0.025	0°30'		12	52.6	6	26.7	2	9.5							
1.270	0.050	1°00'		15	65.5	9	39.6	6	26.7							
1.905	0.075	1°30'		20	87.0	14	61.2	11	48.3							
2.540	0.100	2°00'	70.50	28	121.5	18	78.4	14	61.2	64.9	4.3					
3.180	0.150	3°00'		35	151.6	22	95.6	19	82.7							
3.810	0.200	4°00'	105.70	45	194.7	27	117.2	24	104.3							
5.080	0.250	5°00'		50	216.2	33	143.0	27	117.2	120.3	5.3					
7.620	0.300	6°00'		60	259.2	45	194.7	36	155.9							
10.160	0.400	7°00'		72	310.8	53	229.1	41	177.5							

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

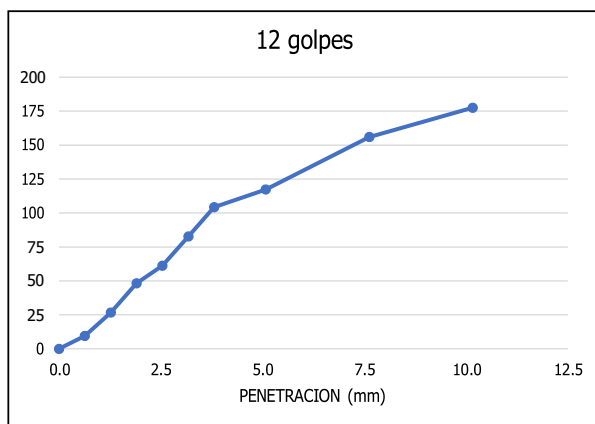
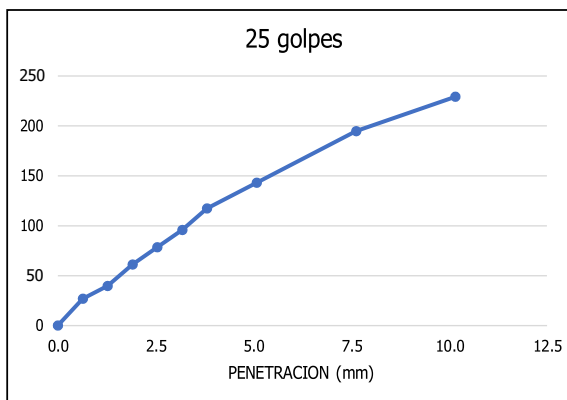
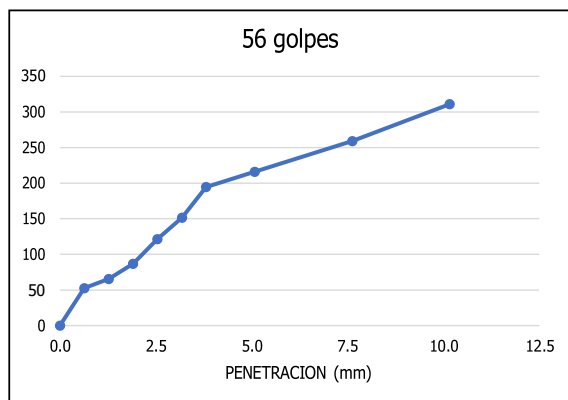
SOLICITANTE	: Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:
PROYECTO	: Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	: MARZO - JULIO 2023



DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 01
TIPO DE MATERIAL	: SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:
PRENSA CBR



<i>La calida es nuestro compromiso</i> 	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Versión:	---	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

**VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)**

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE			DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 02	EQUIPO:
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO	PRENSA CBR
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA	
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco	
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro	

DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MAXIMA DENSIDAD SECA	=	1.645	gr/cm3
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	=	11.70	%
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA	=	1.563	gr/cm3

ENSAYO CBR

C.B.R. al 100% (%)	0.1":	8.2	0.2":	9.7
C.B.R. al 95% (%)	0.1":	5.6	0.2":	6.5

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 8.2%

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5.6%

📍 Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú

☎ (063) 422197





rectorado@undac.edu.pe



undac.edu.pe

UNDAC

La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA		Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil		Versión:	---	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos		Fecha:	Mar-23	
			Página:	1	

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	: Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DE	:
PROYECTO	: Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	: MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata Nº 02
TIPO DE MATERIAL	: SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:	PRENSA CBR
----------------	------------

Molde Nº	1		2		3	
Nº Capas	5		5		5	
Golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado
Peso del molde + suelo húmedo gr	12018.4	12258.7	11343.0	11590.3	11578.3	11769.1
Peso del molde	8085	8085	7579	7579	8024	8024
Peso del suelo húmedo gr	3933.4	4173.7	3764.0	4011.3	3554.3	3475.1
Volumen del molde gr	2133	2133	2111	2111	2105	2105
Densidad Humeda	1.844	1.957	1.783	1.900	1.689	1.779
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente Nº	66		72		104	
Peso del suelo húmedo + recipiente	584.80	642.80	647.30	555.30	631.70	492.40
Peso del suelo seco + recipiente	523.6	569.5	578.1	485.3	562.3	423.5
Peso del agua	61.2	73.3	69.2	70.0	69.4	68.9
Peso de la tara	0	0	0	0	0	0
Peso del suelo seco	523.6	569.5	578.1	485.3	562.3	423.5
%Humedad	11.69	12.88	11.96	14.42	12.35	16.28
DENSIDAD SECA GR/CM3	1.651	1.734	1.593	1.661	1.503	1.530

EXPANSION

Sobre carga (Lbs)		10 Lbs		Sobre carga (Lbs)		10 Lbs		Sobre carga (Lbs)		10 Lbs	
Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%
24:00	0.914	0.8	24:00	1.321	1.1	24:00	1.727	1.5			
48:00	0.991	0.9	48:00	1.397	1.2	48:00	1.854	1.6			
72:00	1.067	0.9	72:00	1.499	1.3	72:00	1.956	1.7			
96:00	1.143	1.0	96:00	1.6	1.4	96:00	2.057	1.8			

PENETRACIÓN

PENETRACION		TIEMPO	CARGA STAND.	1 56 golpes				2 25 golpes				3 12 golpes			
mm	pulg.			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
				Kg/cm2	Dial	Kg	Kg	%	Dial	Kg	Kg	%	Dial	Kg	Kg
0.000	0.000	0'00"		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.635	0.025	0'30"		9	39.6			5	22.4			3	13.8		
1.270	0.050	1'00"		15	65.5			11	48.3			8	35.3		
1.905	0.075	1'30"		20	87.0			15	65.5			13	56.9		
2.540	0.100	2'00"	70.50	26	112.9	127.3	8.4	19	82.7	90.3	6.0	16	69.9	73.5	4.9
3.180	0.150	3'00"		34	147.3			25	108.6			20	87.0		
3.810	0.200	4'00"	105.70	47	203.3			32	138.7			25	108.6		
5.080	0.250	5'00"		55	237.7	225.3	10.0	37	160.2	158.4	7.0	29	125.8	122.7	5.4
7.620	0.300	6'00"		63	272.1			45	194.7			33	143.0		
10.160	0.400	7'00"		72	310.6			49	211.9			36	155.9		

📍 Av. Los Próceres Nº 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú
☎ (063) 422197

✉ rectorado@undac.edu.pe
✉ undac.edu.pe

UNDAC
La calidad es nuestro compromiso.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

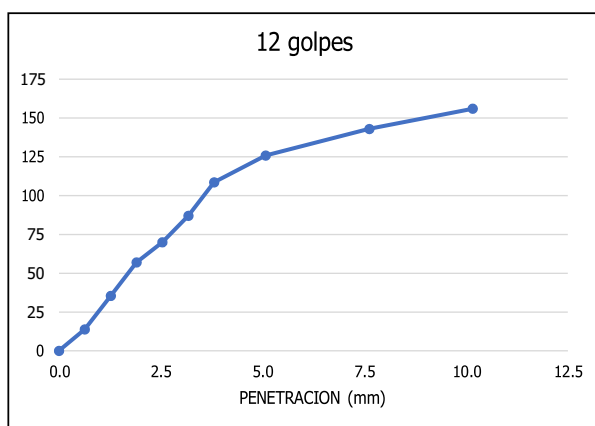
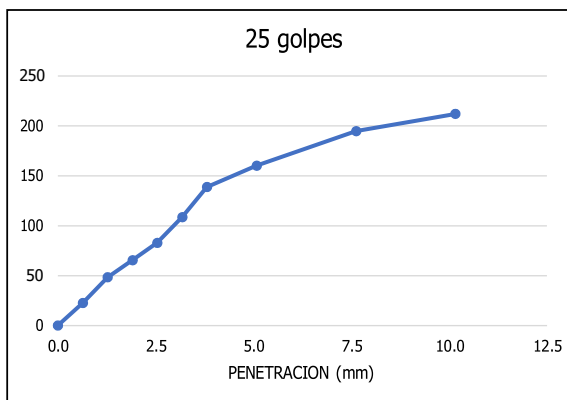
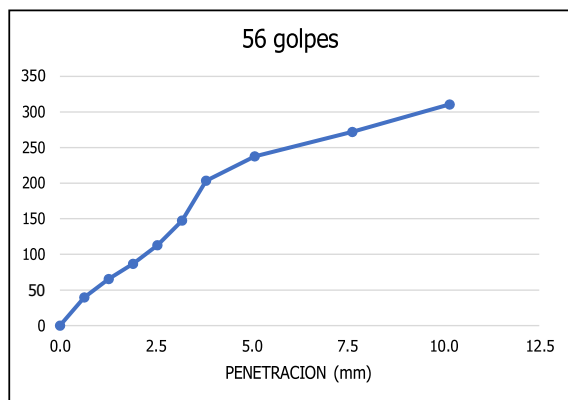
SOLICITANTE	: Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:
PROYECTO	: Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	: MARZO - JULIO 2023



DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 02
TIPO DE MATERIAL	: SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:
PRENSA CBR



<i>La calida es nuestro compromiso</i> 	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Versión:	---	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

**VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)**

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICHU y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 03
TIPO DE MATERIAL	: SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:	PRENSA CBR
----------------	------------

DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MAXIMA DENSIDAD SECA	=	1.99	gr/cm3
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	=	15.00	%
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA	=	1.89	gr/cm3

ENSAYO CBR

C.B.R. al 100% (%)	0.1":	14.2	0.2":	18.6
C.B.R. al 95% (%)	0.1":	11.3	0.2":	14.6

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 14.2%

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11.3%

📍 Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú

☎ (063) 422197





rectorado@undac.edu.pe



undac.edu.pe

UNDAC

La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA		Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil		Versión:	---	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos		Fecha:	Mar-23	
			Página:	1	

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE :	Bach. Alex Andherson MATEU PICHU y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DE :	
PROYECTO :	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN :	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA :	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA :	Calicata N° 03
TIPO DE MATERIAL :	SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA :	ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN :	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA :	4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:	
PRENSA CBR	

Molde N°	1		2		3	
N° Capas	5		5		5	
Golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado
Peso del molde + suelo húmedo gr	13360.3	13627.5	11138.0	11422.0	11933.5	12172.1
Peso del molde	8547	8547	6498	6498	7579	7579
Peso del suelo húmedo gr	4813.3	5080.5	4640.0	4924.0	4354.5	4593.3
Volumen del molde gr	2105	2105	2105	2105	2111	2111
Densidad Humeda	2.287	2.414	2.204	2.339	2.063	2.176
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	66	72	22	47	104	6
Peso del suelo húmedo + recipiente	903.60	919.80	856.00	827.70	824.10	792.70
Peso del suelo seco + recipiente	785.6	789.3	742.2	698.3	712.3	658.3
Peso del agua	118.0	130.5	113.8	129.4	111.8	134.4
Peso de la tara	0	0	0	0	0	0
Peso del suelo seco	785.6	789.3	742.2	698.3	712.3	658.3
%Humedad	15.02	16.53	15.33	18.53	15.69	20.41
DENSIDAD SECA GR/CM3	1.988	2.071	1.911	1.973	1.783	1.807

EXPANSION

Sobre carga (Lbs)			10 Lbs			Sobre carga (Lbs)			10 Lbs			Sobre carga (Lbs)			10 Lbs		
Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%
24:00	0.178	0.2	24:00	0.33	0.3	24:00	1.422	1.2									
48:00	0.33	0.3	48:00	0.508	0.4	48:00	0.762	0.7									
72:00	0.635	0.5	72:00	0.914	0.6	72:00	0.914	0.8									
96:00	0.838	0.7	96:00	0.965	0.8	96:00	1.067	0.9									

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	1 56 golpes				2 25 golpes				3 12 golpes			
				CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	pulg.			Kg/cm2	Dial	Kg	Kg	%	Dial	Kg	Kg	%	Dial	Kg	Kg
0.000	0.000	0'00"		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.635	0.025	0'30"		9	53.2			6	39.7			2	21.7		
1.270	0.050	1'00"		16	84.8			11	62.3			5	35.2		
1.905	0.075	1'30"		23	116.3			16	84.8			9	53.2		
2.540	0.100	2'00"	70.50	48	228.7	213.3	14.1	36	174.8	177.4	11.8	23	116.3	133.8	8.9
3.180	0.150	3'00"		55	260.2			44	210.8			32	156.8		
3.810	0.200	4'00"	105.70	72	336.4			55	260.2			38	183.8		
5.080	0.250	5'00"		98	452.8	418.4	16.5	75	349.9	343.9	15.2	52	246.7	266.6	11.8
7.620	0.300	6'00"		114	524.3			94	434.9			74	345.4		
10.160	0.400	7'00"		128	586.7			108	497.5			88	408.0		

📍 Av. Los Próceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú
☎ (063) 422197

✉ rectorado@undac.edu.pe
✉ undac.edu.pe

UNDAC
La calidad es nuestro compromiso.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

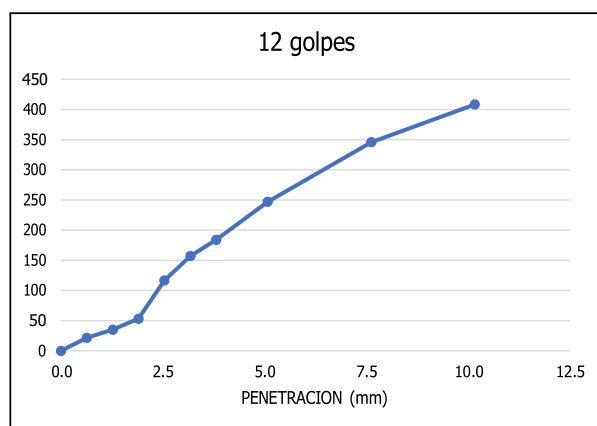
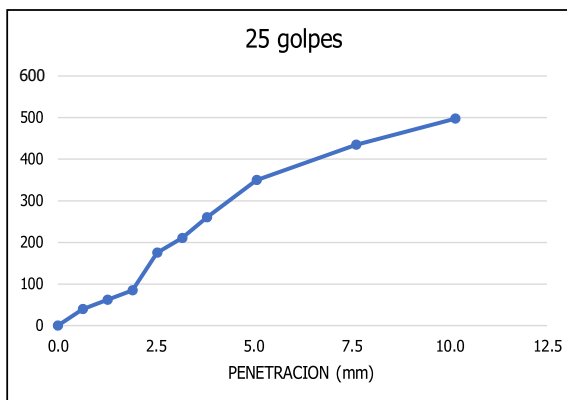
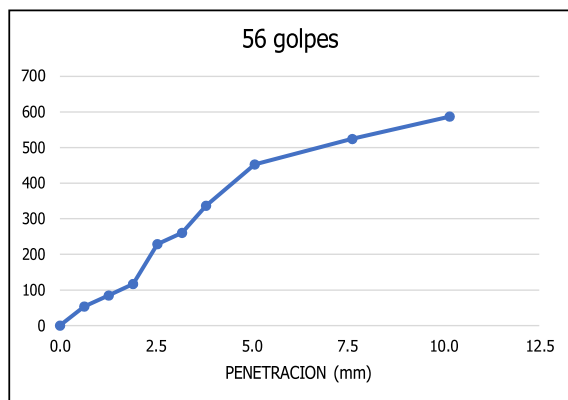
SOLICITANTE	: Bach. Alex Andherson MATEU PICHU y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:
PROYECTO	: Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	: MARZO - JULIO 2023



DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 03
TIPO DE MATERIAL	: SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:
PRENSA CBR



La calida es nuestro compromis o. 	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
		Versión:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Fecha:	Mar-23	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Página:	1	

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD
(NTP 339.147)**

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICHU y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		EQUIPO:
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 01
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro

DATOS DE LA MUESTRA

Peso M. Fino (g):	1008.5
Peso M. Media (g):	667.8
Peso M. Gruesa (g):	807.2

Peso M. Total (g):	2483.5
Peso Unit. Muestra (g):	2.2
Peso recipiente (g):	148

Diametro Cilindrico (cm):	7.52
Area Cilindro (cm ²):	45.6
Volumen del Cilindro (cm):	866.4
Peso del Martillo (g):	500
Número de Capas:	3

Altura del Cilindro (cm):	14
L= Distancia entre Manómetros (cm):	10
G. de Compactación:	25
Altura Caida (cm):	20.32
Constante de Agua, Kw:	998

Volumen de Agua (ml)	Tiempo (S)	Δh (mm)		DIF. Δh (mm)	k (cm/s)	Ec (Kg ^f *cm/cc)
		G.FINA	82.13			
100	1.53		76.37	38.03	3.80 E-04	879.5
100	1.52	G.MEDIA	57.93			
100	1.5		53.3			
		G.GRUESA	48.97			
			44.1			

Av. Los Próceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú



rectorado@undac.edu.pe

(063) 422197

undac.edu.pe

UNDAC

La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Versión:	---	
		Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

ENSAYO DE PERMEABILIDAD
(NTP 339.147)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICHO y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 02
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro
		EQUIPO:

DATOS DE LA MUESTRA

Peso M. Fino (g):	3056
Peso M. Media (g):	2556
Peso M. Gruesa (g):	4056

Peso M. Total (g):	9668
Peso Unit. Muestra (g):	2.2
Peso recipiente (g):	148

Diametro Cilindrico (cm):	15.24
Area Cilindro (cm ²):	182.42
Volumen del Cilindro (cm):	2553.81
Peso del Martillo (g):	500
Número de Capas:	3

Altura del Cilindro (cm):	14
L= Distancia entre Manómetros (cm):	5
G. de Compactación:	25
Altura Caída (cm):	20.32
Constante de Agua, Kw:	1

Volumen de Agua (ml)	Tiempo (S)	Δh (mm)		DIF. Δh (mm)	k (cm/s)	Ec (Kg ^f *cm/cc)
		G.FINA	82			
100	2.23		72.47	32.5	3.06 E-06	298.38
100	2.19	G.MEDIA	56.03			
100	2.2		52.97			
		G.GRUESA	49.63			
			49.53			

📍 Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú



☎ (063) 422197

✉ rectorado@undac.edu.pe

✉ undac.edu.pe

UNDAC

La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Versión:	---	
		Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

ENSAYO DE PERMEABILIDAD
(NTP 339.147)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICHO y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		EQUIPO:
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 03
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO
CONDICION DE LA MUESTRA	:	ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro

DATOS DE LA MUESTRA

Peso M. Fino (g):	3913.5
Peso M. Media (g):	2416.5
Peso M. Gruesa (g):	2413.5

Peso M. Total (g):	8743.5
Peso Unit. Muestra (g):	2.2
Peso recipiente (g):	195.5

Diametro Cilindrico (cm):	15.24
Area Cilindro (cm ²):	182.42
Volumen del Cilindro (cm ³):	2553.81
Peso del Martillo (g):	500
Número de Capas:	3

Altura del Cilindro (cm):	14
---------------------------	----

L= Distancia entre Manómetros (cm):	5
G. de Compactación:	25
Altura Caída (cm):	20.32
Constante de Agua, Kw:	1

Volumen de Agua (ml)	Tiempo (S)	Δh (mm)		DIF. Δh (mm)	k (cm/s)	Ec (Kg ^f *cm/cc)
		G.FINA	81.57			
100	2.32	G.MEDIA	72.67	32.2	3.04 E-02	298.38
100	2.2		54.67			
100	2.19		51.93			
		G.GRUESA	49.7			
			49.37			

📍 Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú



☎ (063) 422197

✉ rectorado@undac.edu.pe

✉ undac.edu.pe

UNDAC

La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Versión:	---	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 01
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO + EMULSIÓN 3
CONDICION DE LA MUESTRA	:	%
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro
		EQUIPO: PRENSA CBR

DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MAXIMA DENSIDAD SECA	=	1.847	gr/cm3
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	=	14.90	%
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA	=	1.754	gr/cm3


ENSAYO CBR


C.B.R. al 100% (%)	0.1":	11.8	0.2":	16.2
C.B.R. al 95% (%)	0.1":	8.2	0.2":	11.9

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 11.8%

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 8.2%

 Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú

 (063) 422197





rectorado@undac.edu.pe



undac.edu.pe

UNDAC

La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Versión:	---	
		Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	: Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DE	:
PROYECTO	: Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	: MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 03	EQUIPO:	PRENSA CBR
TIPO DE MATERIAL	: SUELO EMULSIÓN 3%		
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: ALTERADA		
PROCEDECENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco		
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro		

Molde N°	1		2		3	
N° Capas	5		5		5	
Golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado
Peso del molde + suelo húmedo gr	16761.0	14036.3	11472.1	11764.7	12291.5	12537.3
Peso del molde	8547	8547	6498	6498	7579	7579
Peso del suelo húmedo gr	5214.1	5489.3	4974.1	5266.7	4712.5	4958.3
Volumen del molde gr	2105	2105	2105	2105	2111	2111
Densidad Humeda	2.477	2.608	2.363	2.502	2.232	2.349
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	66	72	22	47	104	6
Peso del suelo húmedo + recipiente	930.70	947.40	881.70	852.50	848.80	816.50
Peso del suelo seco + recipiente	801.3	805.1	757.0	712.3	726.5	671.5
Peso del agua	118.0	130.5	113.8	129.4	111.8	134.4
Peso de la tara	0	0	0	0	0	0
Peso del suelo seco	801.3	805.1	757.0	712.3	726.5	671.5
%Humedad	14.73	16.21	15.03	18.17	15.39	20.02
DENSIDAD SECA GR/CM3	2.159	2.244	2.054	2.117	1.935	1.957

EXPANSION

Sobre carga (Lbs)		10 Lbs	Sobre carga (Lbs)		10 Lbs	Sobre carga (Lbs)		10 Lbs
Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%
24:00	0.916	0.8	24:00	1.099	0.9	24:00	1.334	1.1
48:00	1.23	1.0	48:00	1.465	1.2	48:00	1.726	1.5
72:00	1.726	1.5	72:00	2.04	1.7	72:00	2.145	1.8
96:00	2.015	1.7	96:00	2.302	1.9	96:00	2.564	2.2

PENETRACIÓN

PENETRACION			TIEMPO	CARGA STAND.	1 56 golpes				2 25 golpes				3 12 golpes			
mm	pulg.	°	CARGA		CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION			
					Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%		
0.000	0.000	0°00'		0	0.0			0	0.0			0	0.0			
0.635	0.025	0°30'		12	54.2			6	27.5			2	9.8			
1.270	0.050	1°00'		15	67.5			9	40.8			6	27.5			
1.905	0.075	1°30'		20	89.6			14	63.0			11	49.7			
2.540	0.100	2°00'	70.50	28	125.1	132.6	8.8	18	80.8	81.9	5.5	14	63.0	66.8	4.4	
3.180	0.150	3°00'		35	156.1			22	98.5			19	85.2			
3.810	0.200	4°00'	105.70	45	200.5			27	120.7			24	107.4			
5.080	0.250	5°00'		50	222.7	219.2	9.7	33	147.3	148.6	6.6	27	120.7	123.9	5.5	
7.620	0.300	6°00'		60	267.0			45	200.5			36	160.6			
10.160	0.400	7°00'		72	320.1			53	236.0			41	182.8			

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

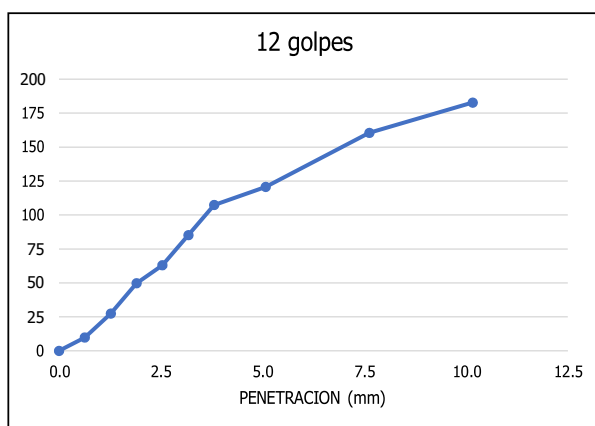
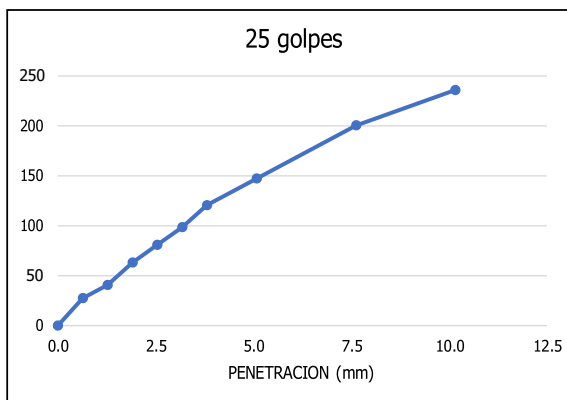
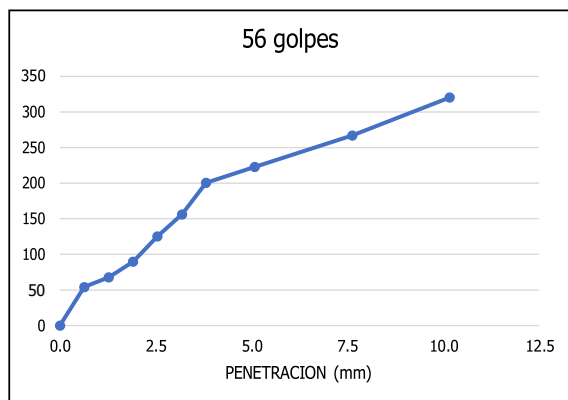
SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023



DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 03
TIPO DE MATERIAL	: SUELO + EMULSIÓN 3%
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:	PRENSA CBR
----------------	------------



<i>La calida es nuestro compromiso</i> 	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Versión:	---	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

**VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)**

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE			DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO
CÓDIGO DE MUESTRA	:	Calicata N° 01	EQUIPO:
TIPO DE MATERIAL	:	SUELO + EMULSIÓN 7	PRENSA CBR
CONDICION DE LA MUESTRA	:	%	
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco	
RECEPCION DE MUESTRA	:	4 costales de color negro	

DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MAXIMA DENSIDAD SECA	=	1.847	gr/cm ³
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	=	14.90	%
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA	=	1.754	gr/cm ³

ENSAYO CBR

C.B.R. al 100% (%)	0.1":	22.6	0.2":	24.3
C.B.R. al 95% (%)	0.1":	21.6	0.2":	23.1

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 22.6%

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 21.6%

📍 Av. Los Proceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú

☎ (063) 422197





rectorado@undac.edu.pe



undac.edu.pe

UNDAC

La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Versión:	---	
		Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	: Bach. Alex Anderson MATEU PICHO y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DE	:
PROYECTO DE	: Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	: MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 01	EQUIPO:	PRENSA CBR
TIPO DE MATERIAL	: SUELO + EMULSIÓN 7		
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA		
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco		
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro		

Molde N°	1		2		3	
N° Capas	5		5		5	
Golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado
Peso del molde + suelo húmedo gr	10431.3	10627.5	10088.0	10422.0	9827.1	10172.1
Peso del molde	6711	6657	6681	6658	6662	6670
Peso del suelo húmedo gr	3720.0	4080.5	3407.0	4524.0	3165.0	4293.1
Volumen del molde gr	2124	2124	2124	2124	2124	2124
Densidad Humeda	1.751	1.914	1.604	1.830	1.490	1.676
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	66	72	22	47	104	6
Peso del suelo húmedo + recipiente	465.30	467.60	482.20	482.20	475.80	418.80
Peso del suelo seco + recipiente	407.9	409.9	421.9	421.9	417.4	370.8
Peso del agua	141.0	150.4	195.0	219.4	281.0	314.4
Peso de la tara	0	0	0	0	0	0
Peso del suelo seco	407.9	409.9	421.9	421.9	417.4	370.8
%Humedad	25.57	29.21	25.46	33.82	25.62	37.75
DENSIDAD SECA GR/CM3	2.394	2.481	2.278	2.367	2.186	2.217

EXPANSION

Sobre carga (Lbs)		10 Lbs	Sobre carga (Lbs)		10 Lbs	Sobre carga (Lbs)		10 Lbs
Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%
24:00	0.889	0.8	24:00	1.127	0.9	24:00	1.395	1.1
48:00	1.194	1.0	48:00	1.532	1.2	48:00	1.776	1.5
72:00	1.676	1.5	72:00	1.901	1.7	72:00	2.183	1.8
96:00	1.956	1.7	96:00	2.325	1.9	96:00	2.589	2.2

PENETRACIÓN

PENETRACION			TIEMPO	CARGA STAND.	1 56 golpes				2 25 golpes				3 12 golpes			
mm	pulg.	°	CARGA		CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION					
					Dial	Kg		Dial	Kg		Dial	Kg				
0.000	0.000	0°00'		0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0			
0.635	0.025	0°30'		12	52.6	6	26.7	2	9.5							
1.270	0.050	1°00'		15	65.5	9	39.6	6	26.7							
1.905	0.075	1°30'		20	87.0	14	61.2	11	48.3							
2.540	0.100	2°00'	70.50	28	121.5	18	78.4	14	61.2	68.1	6.7					
3.180	0.150	3°00'		35	151.6	22	95.6	19	82.7							
3.810	0.200	4°00'	105.70	45	194.7	27	117.2	24	104.3							
5.080	0.250	5°00'		50	216.2	33	143.0	27	117.2	120.3	7.2					
7.620	0.300	6°00'		60	259.2	45	194.7	36	155.9							
10.160	0.400	7°00'		72	310.8	53	229.1	41	177.5							

**VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)**

DATOS DEL PROYECTO:

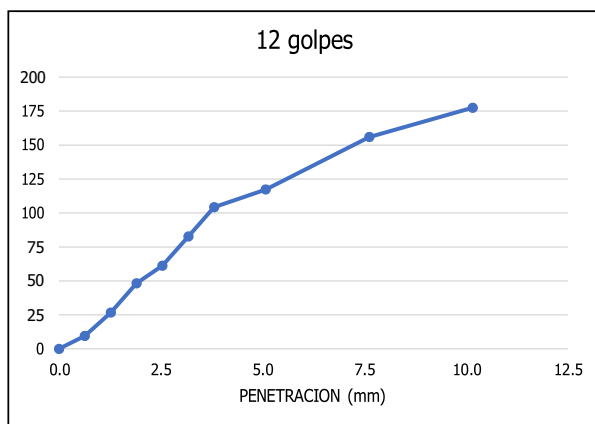
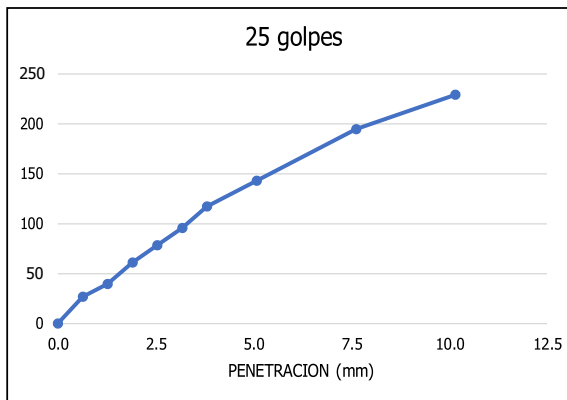
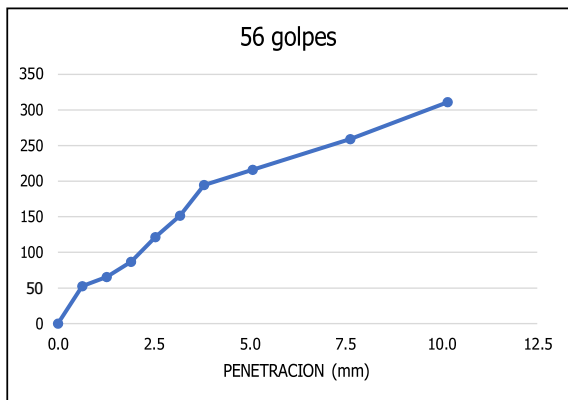
SOLICITANTE	: Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:
PROYECTO	: Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	: MARZO - JULIO 2023



DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 01
TIPO DE MATERIAL	: SUELO + EMULSIÓN 7
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:	PRENSA CBR
----------------	------------



 <p>La calida es nuestro compromiso</p>	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil	Versión:	---	
	Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

**VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)**

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	:	Bach. Alex Andherson MATEU PICHU y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 01
TIPO DE MATERIAL	: SUELO + EMULSIÓN 11
CONDICION DE LA MUESTRA	: %
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:	PRENSA CBR
----------------	------------

DATOS DE LA MUESTRA

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

MAXIMA DENSIDAD SECA	=	1.847	gr/cm3
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	=	14.90	%
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA	=	1.754	gr/cm3

ENSAYO CBR

C.B.R. al 100% (%)	0.1":	13.97	0.2":	19.07
C.B.R. al 95% (%)	0.1":	9.7	0.2":	14

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 13.97%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 9.7%

📍 Av. Los Próceres N° 703, Cerro de Pasco, Pasco - Perú

☎ (063) 422197





rectorado@undac.edu.pe



undac.edu.pe

UNDAC

La calida es nuestro compromiso.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA	Código:	---	
	Laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos	Versión:	---	
		Fecha:	Mar-23	
		Página:	1	

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

SOLICITANTE	: Bach. Alex Andherson MATEU PICH0 y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DE	:
PROYECTO DE	: Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	: MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE		DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 01	EQUIPO:	PRENSA CBR
TIPO DE MATERIAL	: SUELO + EMULSIÓN 11		
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA		
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco		
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro		

Molde N°	1		2		3	
N° Capas	5		5		5	
Golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado	Sin Mojar	Mojado
Peso del molde + suelo húmedo gr	13894.7	14172.6	11583.5	11878.9	12410.8	12659.0
Peso del molde	8547	8547	6498	6498	7579	7579
Peso del suelo húmedo gr	5347.7	5625.6	5085.5	5380.9	4831.8	5080.0
Volumen del molde gr	2105	2105	2105	2105	2111	2111
Densidad Humeda	2.540	2.672	2.416	2.556	2.289	2.406
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	66		22		47	
Peso del suelo húmedo + recipiente	939.70	956.60	890.20	860.80	857.10	824.40
Peso del suelo seco + recipiente	817.0	820.9	771.9	726.2	740.8	684.6
Peso del agua	118.0	130.5	113.9	129.4	111.8	134.4
Peso de la tara	0	0	0	0	0	0
Peso del suelo seco	817.0	820.9	771.9	726.2	740.8	684.6
%Humedad	14.44	15.90	14.74	17.82	15.09	19.63
DENSIDAD SECA GR/CM3	2.220	2.306	2.106	2.170	1.989	2.012

EXPANSION

Sobre carga (Lbs)		10 Lbs	Sobre carga (Lbs)		10 Lbs	Sobre carga (Lbs)		10 Lbs
Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%	Horas	Deform mm.	%
24:00	0.925	0.8	24:00	1.11	0.9	24:00	1.347	1.1
48:00	1.242	1.0	48:00	1.479	1.2	48:00	1.743	1.5
72:00	1.743	1.5	72:00	2.06	1.7	72:00	2.166	1.8
96:00	20.34	1.7	96:00	2.324	1.9	96:00	2.589	2.2

PENETRACIÓN

PENETRACION			TIEMPO	CARGA STAND.	1 56 golpes				2 25 golpes				3 12 golpes			
mm	pulg.	°	CARGA		CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION		CORRECCION			
					Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%		
0.000	0.000	0°00"		0	0.0			0	0.0			0	0.0			
0.635	0.025	0°30"		12	54.7			6	27.8			2	9.9			
1.270	0.050	1°00"		15	68.1			9	41.2			6	27.8			
1.905	0.075	1°30"		20	90.5			14	63.6			11	50.2			
2.540	0.100	2°00"	70.50	28	126.4	133.8	8.8	18	81.5	82.7	5.5	14	63.6	67.5	4.5	
3.180	0.150	3°00"		35	157.7			22	99.4			19	86.0			
3.810	0.200	4°00"	105.70	45	202.5			27	121.9			24	108.5			
5.080	0.250	5°00"		50	224.8	221.3	9.8	33	148.7	150.1	6.7	27	121.9	125.1	5.5	
7.620	0.300	6°00"		60	269.6			45	202.5			36	162.1			
10.160	0.400	7°00"		72	323.2			53	238.3			41	184.6			



VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
(ASTM D1883 - 16; NTP 339.145)

DATOS DEL PROYECTO:

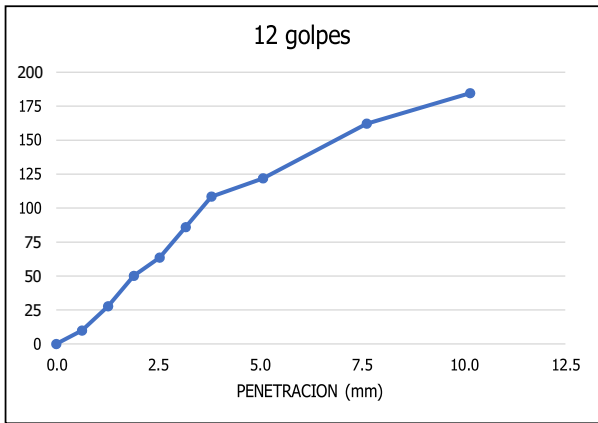
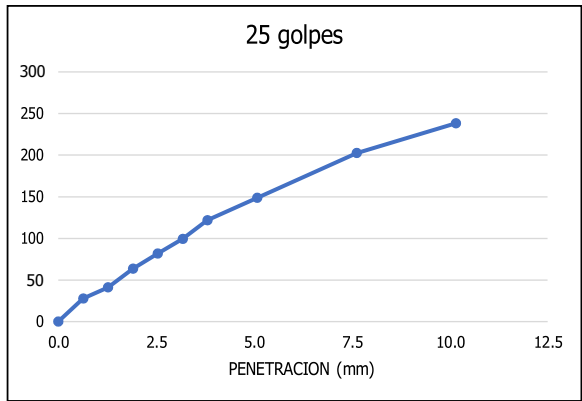
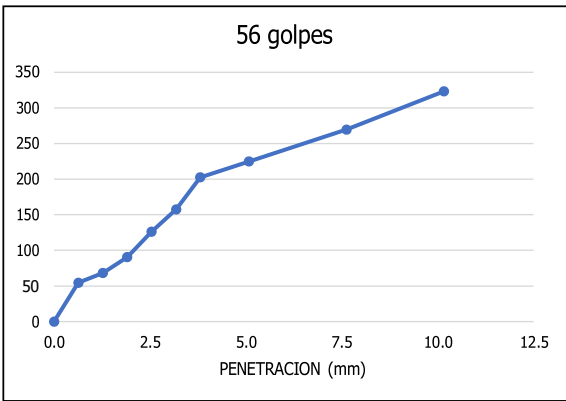
SOLICITANTE	:	Bach. Alex Anderson MATEU PICHU y Bach. Kevyn Frans VILLEGAS RAMOS
CONTACTO DEL	:	
PROYECTO	:	Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta para Estabilizar Subrasantes de Baja Capacidad Portante en Zonas Altoandinas, Tramo PE-18 - Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco - 2023.
UBICACIÓN	:	Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
FECHA	:	MARZO - JULIO 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE	
CÓDIGO DE MUESTRA	: Calicata N° 01
TIPO DE MATERIAL	: SUELO + EMULSIÓN 11
CONDICION DE LA MUESTRA	: ALTERADA
PROCEDENCIA Y UBICACIÓN	: Uchucchacua - Desvío Cerro de Pasco
RECEPCION DE MUESTRA	: 4 costales de color negro

DATOS DEL EQUIPO CALIBRADO

EQUIPO:	PRENSA CBR
----------------	------------

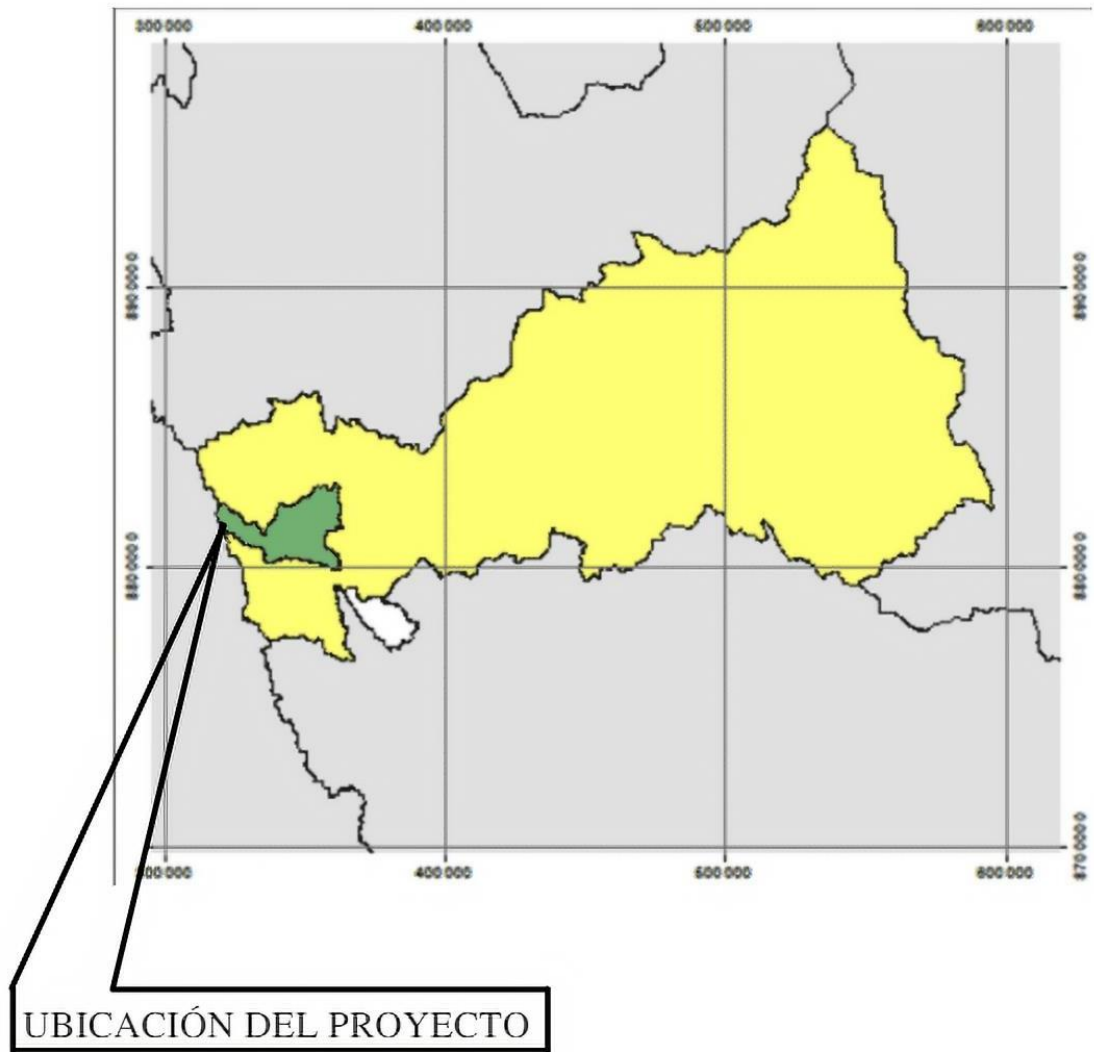


ANEXO 5. MAPAS Y PLANOS

Plano de localización del departamento de Pasco



Plano de ubicación del Proyecto



Punto de extracción de muestra



Punto de investigación C-1

Punto de investigación C-2

Punto de investigación C-3

FICHAS TECNICAS

Ficha Técnica de Emulsiones Asfálticas Catiónicas

○ Emulsiones Asfálticas Catiónicas¹

Tipo	GRADO		Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta				Rotura Rápida (Q5)		
	Unidad	Norma ASTM	CRS-1	CRS-2	CMS-2	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h	CQS-1H	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
CARACTERÍSTICAS																	
Viscosidad, Saybolt Furol a 25°C, SF	s	D 88															
Viscosidad, Saybolt Furol a 50°C, SF	s	D 88	20	100	100	400	50	450	50	450	20	100	20	100	20	100	
Prueba de Estabilidad de Almacenamiento, 24h	%*			1		1		1		1		1		1			
Demulsibilidad, 35 ml, al 0.8 de Diocetilsulfosuccinato Sódico	%	D 6936	40		40												
Revestimiento y Resistencia al Agua:																	
Revestimiento, agregado seco							Buena	Buena									
Revestimiento, agregado seco después del rociado							Aceptable	Aceptable									
Revestimiento, agregado húmedo							Aceptable	Aceptable									
Revestimiento, agregado húmedo después del rociado							Aceptable	Aceptable									
Carga de Partículas		D 244	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
Prueba de Tamiz	%*	D 244		0,1		0,1		0,1		0,1		0,1		0,1		0,1	
Mezcla con Cemento	%	D 244									2,0		2,0				
Destilación																	
		D 6997															
Destilación de Aceite, por volumen de Emulsión	%			3		3		12		12							
Residuo	%		60		65		65		65		57		57		57		57
Pruebas sobre Residuo de Destilación:																	
Penetración, 25°C, 100g, 5s	0,1 mm	D 5	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90	
Ductilidad, 25°C, 5 cm / min	cm	D 113	40		40		40		40		40		40		40		
Solubilidad en Tricloroetileno	%	D 2042	97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		

Notas:

1. En concordancia con Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG 2000-Cap. 4-Tabla N° 400-4) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
2. CQS-1H Emulsiones que deberán cumplir los requisitos descritos en las Normas Prácticas para Diseño, Ensayos y Construcción de Lechada Asfáltica D 3910
3. CQS-1H Es usado para sistemas de Lechada Asfáltica de curado rápido.

[*] Este requerimiento de ensayo en muestras representativas, no exige si la aplicación fue exitosa al haber estado el material almacenado en el campo.

Especificaciones Técnicas – Z Aditivos



El mejor amigo del concreto

Carreteras, Puentes y Obras de Infraestructura, Chile y el Mundo
Tel: +56 2 2520056 - Fax: +56 2 2520057 / +56 2 2520054 / +56 2 2520054 / +56 2 2520054

Ficha técnica - Edición 21 - Versión 05/19 L2P

Productos para carreteras

Asfalto Líquido

Descripción: Asfalto líquido normal de curado lento. Se aplica en frío y su consistencia le permite ser mezclado con agregados pétreos mediante revoltura mecánica.

Usos

- Como imprimante para carreteras.
- Para juntas de asfalto.
- Para hacer asfalto en frío.
- Para carpetas asfálticas.

Ventajas

- Buen adhesivo.
- Repelente al agua.
- Se usa en frío.

Datos técnicos

- Contenido de agua (ASTM D-25): 0.2% max.
- Aspecto: Líquido.

Aplicación

- Como pintura: Viene listo para aplicar. En caso se necesite bajar su viscosidad, agregar para secado lento SOLVENTE B u otro similar. Para un secado más rápido agregar solvente naphtha.
- Como imprimante: Utilizar tal como se encuentre el producto envasado.
- Como junta: Agregar arena hasta obtener la consistencia deseada y colocar en el espacio a rellenar. (Para este proceso se recomienda calentar el asfalto).

Rendimiento

- Como pintura: 8m² a 10m² x Gal.
- Como imprimante: 8m² a 10m² x Gal.