

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE
LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS – COLPAR
DE LA PROVINCIA HUANCAYO.**

PRESENTADO POR:

Bach: VALDEZ POMALAZA FRANK GROVER

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

TRANSPORTE Y URBANISMO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2022

ASESOR:

Asesor temático: MG. JEANNELLE SOFIA HERRERA MONTES
Asesor metodológico: Dr. EDWARD EDDIE BUSTINZA ZUASNABAR

DEDICATORIA

Oh Señor, por la guía que has dado en mi vida.

Dedico esta tesis de investigación a mis queridos padres, quienes me inculcaron las virtudes de la humildad, la sencillez y la humildad, y con su perseverancia y constancia hicieron de mí un buen ser humano.

Bach. FRANK GROVER VALDEZ POMALAZA

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Los Andes sobre la formación ofrecida.

Quiero extender un agradecimiento especial a mi familia, quienes me apoyaron económicamente en la realización de esta investigación.

Bach. FRANK GROVER VALDEZ POMALAZA

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

Ing. XXXXXXXX
JURADO

Ing. XXXXXXXX
JURADO

Ing. XXXXXXXX
JURADO

Mg. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES
SECRETARIO DE DOCENTE

INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	v
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I:.....	14
1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.2 Formulación y sistematización del problema	15
1.2.1 Problema general.	16
1.2.2 Problemas específicos.	16
1.3 Justificación	16
1.3.1 Practica o Social.....	16
1.3.2 Científica o teórica.....	16
1.3.3 Metodología.....	17
1.4 Delimitación	17
1.4.1 Espacial.....	17
1.4.2 Temporal	21
1.4.3 Económica	21
1.5 Limitación.....	21
1.6 Objetivos	21
1.6.1 Objetivo general	22
1.6.2 Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II.....	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1 Antecedentes	23
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	27
2.1.2 Antecedentes nacionales.	23
2.2 Marco conceptual.	31
2.2.1 Estabilización de suelos.	31
2.2.2 Tipos de estabilización.....	31
➤ Estabilización mecánica.....	31
➤ Estabilización por combinación de suelos	32

➤ Estabilización por sustitución de suelos	33
➤ Estabilización de suelos con cal.....	33
➤ Estabilización de suelos con asfalto	33
➤ Estabilización de suelos con aceite sulfonado.....	34
Tecnología Perma -Road	35
Características químicas del aditivo liquido	36
2.2.3 Carretera	36
2.2.3.1 Clasificación de carreteras.....	37
2.2.4 Suelos	37
2.2.4.1 Tipos de suelos según la geotecnia	37
2.2.4.2 Caracterización de la Subrasante	38
2.2.5 Pavimentos.....	39
2.2.5.1 Componentes de un pavimento	39
2.2.6 Afirmado.....	41
2.2.6.1 Patologías en carreteras afirmadas	41
2.2.7 Tráfico	42
2.2.7.1 Tipos de vehículos	42
2.2.7.2 Método del manual de suelos, geología geotecnia y pavimentos del MTC.....	50
2.2.7.3 Cálculo del factor de crecimiento acumulado (Fca):	50
2.2.7.4 Factor de ajuste de neumático (Fp).....	51
2.2.7.5 Número de repeticiones de ejes equivalentes:	51
2.2.7.6 Clasificación de número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño	52
.....	53
2.2.7.7 Diseño de carretera	53
2.3 Definición de términos.....	54
2.3.1 Tráfico:	54
2.3.2 Afirmado:	54
2.3.3 Pavimento:	54
2.3.4 Suelos:	54
2.4 Hipótesis.....	55
2.4.1 Hipótesis general.....	55
2.4.2 Hipótesis específicas.....	55
2.5 Variables.....	55
2.5.1 Definición conceptual de la variable:	55

2.5.2	Definición operacional de la variable:	56
2.5.3	Operación de la variable:.....	57
CAPÍTULO III.....		58
METODOLOGÍA		58
3.1	Método de investigación.....	58
3.2	Tipo de investigación.....	58
3.3	Nivel de investigación.....	58
3.4	Diseño de investigación.....	59
3.4.1	Diseño Pre Experimental.	59
3.5	Población y muestra	59
3.5.1	Población.....	59
3.5.2	Muestra.....	59
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
3.6.1	Técnicas.....	59
3.6.2	Instrumentos.....	60
3.7	Procesamiento de la información.....	60
3.7.1	Trabajo de campo.....	60
3.7.2	Trabajo de gabinete	60
3.8	Técnicas y análisis de datos.....	60
CAPITULO IV.....		61
RESULTADOS		61
4.1	Aspectos generales	61
4.2	Ensayos de laboratorio	61
4.2.1	Granulometría, clasificación SUCS Y AASHTO	61
4.2.2	Limite liquido (LL), limite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)	61
4.2.3	Proctor modificado.....	62
4.2.4	Ensayo de CBR	63
4.2.5	Diseño de carretera	64
4.2.5.1	Resultado de conteo vehicular	64
4.2.5.2	Cálculo del EAL de diseño	65
4.2.5.3	Cálculo del espesor (e):	66
CAPITULO V.....		68
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		68
5.1	Granulometría, clasificación AASHTO Y SUCS.....	68

5.2	Limite liquido (LL), limite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) .	¡Error! Marcador no definido.
5.3	Contenido de humedad.....	¡Error! Marcador no definido.
5.4	Proctor modificado.....	¡Error! Marcador no definido.
5.5	CBR.....	¡Error! Marcador no definido.
CONCLUSIONES		71
RECOMENDACIONES		72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		73
Bibliografía		73
ANEXOS		74
•	Panel fotográfico	103
•	Ficha técnica del producto	108
•	Certificado de control ambiental	110
•	planos.....	114
✓	Plano de ubicación y localización	115
✓	Sección de vía.....	¡Error! Marcador no definido.
✓	Plano del paquete estructural. Sin utilización del aceite sulfonado	¡Error! Marcador no definido.
✓	Plano del paquete estructural utilizando el acete sulfonado.	121

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación por Orografía	37
Tabla 2: Número de Calicatas para explotación de suelos.	38
Tabla 3: Número de Ensayo Mr y CBR	39
Tabla 4: Categorías Subrasantes.	41
Tabla 5: Factor de ajuste Neumático	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6: Relación de cargas por eje equivalente.	52

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa del Perú _____	18
Ilustración 2: Mapa del Departamento de Junín _____	18
Ilustración 3: Mapa del departamento de Junín y sus provincias. _____	19
Ilustración 4: Mapa del distrito de Quilcas. _____	19
Ilustración 5: Mapa de acceso del Distrito de Quilcas. _____	20
Ilustración 6: Mapa del Centro Poblado de Colpar _____	20
Ilustración 7: Mapa de acceso del Centro Poblado de Colpar _____	21
Ilustración 8: Paquete estructural. _____	41
Ilustración 9: Pesos y medidas de vehículos _____	44
Ilustración 10 :Pesos y medidas de vehículos _____	45
Ilustración 11: Pesos y medidas de vehículos _____	46
Ilustración 12: Pesos y medidas de vehículos _____	47
Ilustración 13: Pesos y medidas de vehículos _____	48
Ilustración 14: Pesos y medidas de vehículos. _____	49
Ilustración 15: Pesos y medidas de vehículos _____	49

RESUMEN

La presente tesis se planteó como problema genera: ¿Qué efectos produce el aceite sulfonado en la estabilización de la subrasante de la carretera del tramo Quilcas –Colpar, ¿Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo?, cual objetivo general es de: Determinar los efectos que produce el aceite sulfonado en la estabilización de la subrasante de la carretera Quilca – Colpar, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo. La hipótesis general es: El aceite sulfonado produce mejoras significativas en la estabilización de la subrasante de la carretera Quilca – Colpar, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo.

Le método general de investigación la cual se está desarrollando es de tipo aplicada, nivel de investigación es descriptivo correlacional y su diseño de investigación no experimental, la población es 221 habitantes del anexo de Colpar, distrito de Quilcas, provincia de Huancayo.

El producto de la investigación: se tiene un comparativo del afirmado sin el aceite sulfonado y el otro resultado con el aceite sulfonado, las cuales se ve en los cuadros comparativos un alza de resistencia adicionando el aceite sulfonado en el afirmado. Por los cuales nos indica que el aceite sulfonado aumenta la resistencia de CBR en los suelos muy plásticos.

Palabra calve: aceite sulfonado, estabilización de la subrasante.

ABSTRACT

This thesis was raised as a problem that generates: What effects does the sulfonated oil produce in the stabilization of the subgrade of the highway of the Quilcas-Colpar section, District of Quilcas, Province of Huancayo? which general objective is to: Determine the effects that produces sulfonated oil in the stabilization of the subgrade of the Quilcas - Colpar highway, Quilcas District, Huancayo Province. The general hypothesis is: The sulfonated oil produces significant improvements in the stabilization of the subgrade of the Quilcas - Colpar highway, Quilcas District, Huancayo Province.

The general research method which is being developed is of an applied type, the research level is descriptive correlational and its research design is not experimental, the population is 221 inhabitants from the Colpar annex, Quilcas district, Huancayo province.

The product of the research: there is a comparison of the one affirmed without the sulfonated oil and the other result with the sulfonated oil, which is seen in the comparative tables an increase in resistance by adding the sulfonated oil in the affirmed. For which it indicates that sulfonated oil increases the resistance of CBR in very plastic soils.

Key word: sulfonated oil, stabilization of the subgrade.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema.

El suelo de la subrasante tiene poca resistencia (CBR) en suelos arcillosos, debido a ello hay deterioro de vías, accidentes de tránsito y entre otros, además de eso hay una causa de costos de mantenimiento periódicos de las vías.

El problema se viene aquejando en muchas zonas alrededor del mundo las vías terrestres que son fundamentalmente para el desarrollo, estas pueden causar diferentes dificultades y la carencia de la mejora debido a una falta de financiamiento por el método de mantenimiento que emplean sea en su totalidad viable en costo- beneficio (HERNÁNDEZ LARA, 2016).

De acuerdo a las fallas que se obtiene en un paquete estructural de pavimentos en el caso sea flexible, rígido o afirmado y la determinación en la resistencia de un corte del suelo, observando distintos puntos de medición a la resistencia a la penetración de material, en California en los Estados Unidos (CHAVEZ ARBAYZA, 2019).

El 73% de las zonas rurales en Colombia se encuentran a más de tres horas de las ciudades capitales. Eso explica en buena medida la desconexión existente

que ha existido entre ellas y los campesinos a lo largo de nuestra historia. Para llegar a cabeceras municipales importantes los cultivadores deben recorrer trochas en mulas y, en el mejor de los casos, en motos o ‘chivas’. Esta dificultad de transportar sus productos desde las veredas y corregimientos (los costos y los riesgos son altos) (DUQUE SALDARRIAGA, Jennifer y VÁSQUEZ CADENA, Brayan Stiven, 2019).

En nuestra problemática actualmente la carretera Quilcas – Colpar, la subrasante tiene un CBR menor a 4%, debido a materiales finos, y además de estos se contiene arcilla en un 90%, las cuales con este porcentaje el CBR, no llega a cumplir con los parámetros del reglamento nacional de edificaciones – norma CE.10 pavimentos urbanos.

Es importante evaluar el tipo de suelo antes de ejecutar una obra civil, puesto que es necesario considerar la calidad de los suelos subyacentes para estar seguras del buen funcionamiento a largo plazo de la misma y la capacidad que presente este para soportar una infraestructura. (Hernández, Mejía y Zelaya 2016).

En los proyectos que se han ejecutado hasta la actualidad cuentan con unos presupuestos elevados como: En Perú, Costo de mantenimiento y mejoramiento de la Carretera Oyón – Ambo de la Ruta nacional PE -18 que fue aprobado por Provias Nacional, con una valorización de S/. 1,261,880.72 soles, siendo los costos muy elevados en el tipo de tratamiento que se realizará (CESEL INGENIEROS, MARZO -2017).

Como se observa la importancia de la calidad es ampliamente considerada en otros países, sin embargo, en Quilcas, es la misma situación por lo que se observa en el tramo de la carretera Quilcas – Colpar, donde se tiene un pavimento tratado con afirmado y en épocas de lluvia hace que dificulte el tránsito de vehículos pesado y vehículos livianos.

El costo elevado para el mantenimiento es elevado, ya que esto generaría explotación de canteras, movimiento de maquinarias pesadas, costos en consumo de petróleo de las maquinarias.

1.2 Formulación y sistematización del problema

1.2.1 Problema general.

¿Qué efectos produce el aceite sulfonado en la estabilización de la subrasante de la carretera del tramo Quilcas – Colpar, ¿Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo?

1.2.2 Problemas específicos.

- a) ¿Qué efectos produce el aceite sulfonado en la resistencia del suelo arcillosos de la carretera del tramo Quilcas – Colpar?
- b) ¿Cuáles son los efectos del aceite sulfonado en la resistencia de las propiedades físicas del suelo del tramo de carretera Quilcas – Colpar?
- c) ¿Cuales son las propiedades físicas del suelo con el aceite sulfonado del tramo de carretera Quilcas – Colpar?

1.3 Justificación

1.3.1 Practica o Social

Este estudio se realizó para analizar las ventajas de aplicar este polímero a las arcillas para estabilizarlas y mejorar algunas de sus propiedades mecanofísicas. Esta investigación presenta una justificación técnica, ya que al agregar aceite sulfonado a la arcilla se puede mejorar su condición y calidad como método estable.

Por razones económicas, este método de estabilización sería muy económico ya que utilizaría un aceite sulfonado económico. Además, es importante considerar la solidez ambiental, ya que no se utiliza combustible en las máquinas para transportar los materiales prestados, lo que también reduce el minado de la cantera.

1.3.2 Científica o teórica

Para determinar la estabilización de un suelo es un proceso por el cual se mejoran las propiedades de este. Ayudando incorporando aditivos para estabilizar como: El aceite sulfonado tiene la propiedad de estabilizar. Los aceites sulfonados y los lignosulfonatos se basan en la estabilización electroquímica, lo que permite el intercambio de iones entre el agua y el suelo ionizado por el aceite. Dichos aceites son fuentes orgánicas derivadas de una combinación de sulfuros y ácidos, aunque existen otros aceites que pueden formar parte de derivados naftílicos del petróleo, como es el caso de Geo-stab. Los aceites de lignosulfonato obtienen su nombre porque se derivan de

compuestos orgánicos como la lignina y se obtienen a través del proceso de sulfito de madera. Entre los aceites sulfonados utilizados para la estabilización de suelos se encuentra la empresa colombiana Acres Quím. Ltda. utiliza un compuesto derivado de la fracción naftalina del carbón bajo el nombre comercial Geo-stab. Es un líquido diluido en agua para que actúe sobre el suelo por intercambio catiónico y es de color marrón rojizo, con una densidad específica de 1,15 y un pH de 1,0. (Tauta, 2016)

1.3.3 Metodología

Para realizar este proyecto se ejecutará ensayos de carácter físicos mecánicos de cada uno de las mezclas que se emplearán suelo- aditivo, el aceite sulfonado se disolvió con agua para realizar la mezcla e incorporarlo de manera aplicativa, posteriormente se usará el instrumento de anexar los datos en fichas o fuentes, diagramas en Excel.

1.4 Delimitación

1.4.1 Espacial

La investigación se desarrollará, en el tramo: Quilcas – Colpar, ubicado en el centro poblado de Colpar distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín.

Geografía:

Limites:

- Por el norte: Distrito de Ingenio
- Por el sur: Distrito de San Pedro de Saño
- Por el oeste: Distrito de San Jerónimo de Tunan
- Por el este: Distrito de San Pedro de Saño

Ubicación geográfica

- Longitud: -75.238960
- Altitud: -11.916677
- Latitud: 3465.23 m.s.n.m.

UBICACIÓN POLÍTICA

- País: Perú



Ilustración 1: Mapa del Perú
Fuente: imágenes del Google.

- Región: Junín



Ilustración 2: Mapa del Departamento de Junín
Fuente: imágenes del Google

- **Provincia: Huancayo**



Ilustración 3: Mapa del departamento de Junín y sus provincias.
Fuente: imágenes del Google

- **Distrito: Quilcas**



Ilustración 4: Mapa del distrito de Quilcas.
Fuente: imágenes del Google

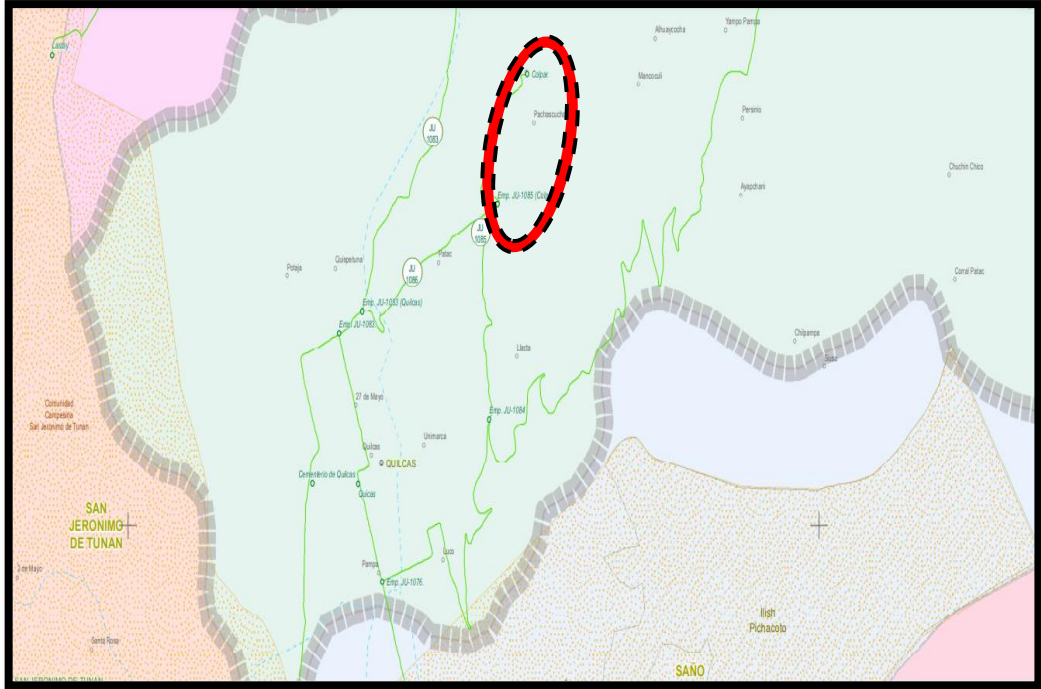


Ilustración 5: Mapa de acceso del Distrito de Quilcas.
Fuente: imágenes del Google

- **Centro Poblado: Colpar**

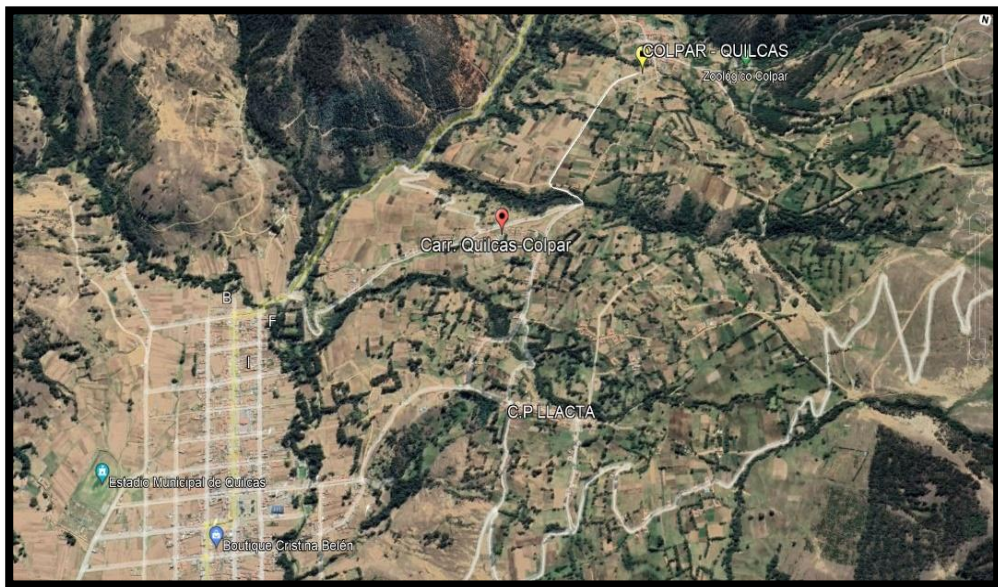


Ilustración 6: Mapa del Centro Poblado de Colpar
Fuente: imágenes del Google earth.

- **UBICACIÓN DEL TRAMO INVESTIGADO**



Ilustración 7: Mapa de acceso del Centro Poblado de Colpar
Fuente: imágenes del Google Earth.

1.4.2 Temporal

Toda la investigación se realizará desde el mes de octubre del 2021 hasta el mes de febrero del 2022.

1.4.3 Económica

El planteamiento y la ejecución de esta investigación no tuvo presupuesto de apoyo institucional ni de empresas privadas, por lo cual el aporte económico para el desarrollo de este proyecto fue asumido por el autor de esta investigación.

1.5 Limitación

Las limitaciones de la investigación se centran, ya que todo depende del tipo de marca se empleará y la dosificación correcta.

De igual manera, la falta de empresas en Huancayo que comercializan con el aceite sulfonado, genera dificultad ya que estas empresas venden estos productos a cantidades mayores, además que el aditivo es comercializado en la ciudad de Lima, y para la investigación ha sido obtenida una pequeña cantidad de una empresa especialista en estabilizaciones.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Determinar los efectos que produce el aceite sulfonado en la estabilización de la subrasante de la carretera Quilca – Colpar, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar los efectos que produce el aceite sulfonado en los suelos arcillosos de la carretera del tramo Quilcas – Colpar.
- Determinar los efectos del aceite sulfonado en las propiedades físicas del suelo del tramo de carretera Quilcas – Colpar.
- Verificar la reacción de las propiedades físicas del suelo arcilloso con el aceite sulfonado del tramo de carretera Quilcas – Colpar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes nacionales.

- **TESIS:** “Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la Carretera Departamental Ruta PI- 114 Emp.PE-1N (El Alto–Talara) - Emp. PI-105 (Pariñas), km:08+000.00 - 09+000.00, Talara – Piura, 2019”, Autor: Br. Lalangue Córdova Oscar Elmer; RESUMEN: “la incorporación de esta tecnología establece el suelo y la metodología es experimental de nivel cuantitativo, diseño experimental y aplicativo. La investigación tiene una población experimental de 24 ensayos, 8 tratamientos y dividido en 3 bloques. Para la recopilación de información se realiza el uso de análisis documental, visita en campo y recopilación de tablas en Excel, mientras que el aceite sulfonado que aumenta la capacidad de soporte de CBR tales con un porcentaje 0.35l/m^3 y al combinarse la cal, en tal caso mejora inmediatamente se llega como un resultado de CBR 2.1% incrementando su capacidad de soporte de 8.8%.” (Elmer, 2019).
- **TESIS:** “Aplicación de aceite sulfonado para mejorar la subrasante en la Avenida “La Cultura” distrito de Pacucha, Andahuaylas, Apurímac - 2020” Autor: Manrique Reynaga,

Josmell Frank, RESUMEN: “siendo el porcentaje detenido recolectado mayor que 20% en el tamiz N° 4, logrando su máxima densidad y humedad óptima, agregando a la muestra 5 diferentes porcentajes de agua de: 5,36%, 8,23%, 10,30%, 18,38% y 23,42%. Asimismo, la variación del porcentaje de CBR con respecto a la cantidad de aceite sulfonado, tomándose el valor de 0,3 lt/m³, agregándose a las muestras de suelo natural + un aditivo sólido, cemento con porcentajes de 1,0%, 1,5% y 2,0% del peso total de la muestra, aumentándose el porcentaje de CBR a medida que el porcentaje de cemento también aumenta, siendo directamente proporcionales. La cantidad de cemento portland tipo I óptima es el valor de 1,5%, la cual nos da un CBR en la progresiva (0+250) de 42,3%. Comparando porcentajes de suelo natural sin aditivo y suelo mejorado con aditivo líquido y sólido, el porcentaje de CBR de suelo natural es de 42,3% y el porcentaje de CBR obtenido de la mezcla suelo natural + cemento portland tipo I + aceite sulfonado es de 240 % lo cual demuestra que el uso de aceite sulfonado más el aditivo sólido, mejora significativamente incrementando el porcentaje de CBR. Se encontró que la variación del porcentaje de CBR con respecto a la cantidad de aceite sulfonado, tomándose el valor de 0,3 lt/m³ agregado a las muestras de suelo natural + un aditivo (cemento) con porcentajes de 1,0%, 1,5% y 2,0% del peso total de la muestra, notándose que el porcentaje de CBR aumenta a medida que el porcentaje de cemento también aumenta, siendo directamente proporcionales.” (Frank, 2019)

- **TESIS:** ”Influencia del aceite sulfonado y cemento Portland Tipo I en la estabilización de la vía Huaylillas – Buldibuyo en la provincia de Pataz, 2020”. Autor: Gómez Ávila, Andersen Jesús y Silva Navarro, Elías Enrique, RESUMEN: “Este proyecto se ejecutó en Trujillo, en el laboratorio de suelos, concreto, asfalto y ensayos químicos GEOCONS SRL donde se determinó la influencia del aceite sulfonado y cemento portland tipo I en la estabilización de la vía Huaylillas – Buldibuyo en la provincia de

Pataz. Para desarrollar el estudio, se utilizó un diseño experimental, en su categoría de experimental puro, utilizando un muestreo no probabilístico por juicio, la recolección de datos se realizó con la técnica de observación directa y los instrumentos utilizados fueron las guías de recolección de datos. Se logró realizar los ensayos de CBR y Compresión no confinada a las muestras incorporando porcentajes de cemento en 0.5%, 2%, 3.5% y 5% más 0.30 lts/m³ a cada porcentaje de aceite sulfonado (aditivo líquido) para mejorar las propiedades del suelo, con respecto a los resultados se logró aumentar el CBR de 5.8% a 103.8% en la subrasante y de 19.61% a 128.7% en capa superficial de la vía y una resistencia a la compresión no confinada de 14.17 kg/cm² a 30.38 kg/cm². Finalmente, se concluye determinando los beneficios que tiene utilizar un aditivo sólido (cemento portland tipo I) más un aditivo líquido (aceite sulfonado) para la estabilización de la vía, mejorando considerablemente sus propiedades mecánicas y se determinó el porcentaje adecuado de cemento que reacciona adecuadamente con el aceite sulfonado.” (Jesús, 2019)

- **TESIS:**” Análisis comparativo de aceite sulfonado y cal para la estabilización de la subrasante en la carretera no pavimentada San Francisco, Tarapoto-2020”, Autor: Delgado León, Iris Dianina, Guerra Pisco, Brayan Kenderson, RESUMEN: “ofrecen una mejora en el suelo tratado, sin embargo, muchos de ellos no tienen antecedentes técnicos en nuestro país, por lo que surge la necesidad de estudiar y hacer un seguimiento de dichos productos para tener lineamientos acerca del trabajo con ellos y de su aplicación a los suelos característicos de nuestra realidad. En esta oportunidad la tesis se centra en el uso de 2 estabilizadores cal y aceite sulfonado, aplicados a la carretera San Francisco, específicamente al tramo pk0+000 a pk2+000 Tarapoto. Ambos estabilizadores se centran en un incremento de la capacidad portante del suelo además de impermeabilizar la capa tratada, por lo que la investigación tiene como objetivo de estudio Determinar

cómo influye la incorporación de aceite sulfonado y cal en el mejoramiento de la estabilización en la subrasante de la carretera no pavimentada, San Francisco-2020, asimismo se determinará la cantidad o proporción óptima del aditivo cal que se debe emplear con diferentes dosificaciones de aceite sulfonado. En dicho proceso de estudio, la metodología según el objeto y la naturaleza del estudio es experimental, de nivel cuantitativo, diseño experimental y aplicativo. La presente investigación tiene una población constituida por toda la carretera San Francisco que tiene más de 14 km. En la cual para la recopilación de datos se extrajeron muestras de 3 calicatas realizadas en campo. Los resultados revelaron que los distintos porcentajes de cal 3%, 5% y 8% la más óptima para la presente investigación es el 5% donde al combinarse con aceite sulfonado con una dosificación de 0.6l/m³ trabaja mucho mejor aumentando la capacidad CBR. Se concluye que al incorporar aceite sulfonado en la estabilización de la subrasante sin duda se logra mejorar la resistencia de la subrasante de la carretera San Francisco con un porcentaje inicial de CBR 8.6% aumentado su capacidad de soporte a 17.2%.” (Dianina, 2020)

- **TESIS:** “Propuesta de estabilización de carreteras de bajo volumen de tránsito en la sierra, sobre los 2000 m.s.n.m, utilizando poliacrilamida aniónica, organosilano y un sulfonatado. caso: poncos – kochayoc, departamento de Ancash”, Autor: Silvia Mónica Villanueva Flores. RESUMEN: “se evalúa la propuesta de estabilización de suelos en carreteras de bajo volumen de tránsito, específicamente para materiales de afirmado, generalmente los materiales de canteras no cumplen con los requisitos de calidad exigidos por las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013). Por lo que se ha evaluado la estabilización con 03 productos químicos; un polímero (poliacrilamida aniónica), un derivado de organosilano y un sulfonatado. Los ensayos fueron con laboratorio particular y parte de ellos fueron realizados en la Universidad Nacional de

Ingeniería. Concluyéndose que para el material de la subrasante (GC – GM), muestra un mejor comportamiento al incrementar el valor de CBR con el estabilizador Organosilano. Para el material de la cantera 1 (GC), muestra mejor comportamiento con el estabilizador poliacrilamida aniónica. Y para el material de la cantera 2 (GC), muestra mejor comportamiento con el polímero. Concluyéndose que, considerando las propiedades naturales del material de afirmado de las canteras del tramo Poncos – Kochayoc (Ancash), la mejor opción en de estabilización en cuanto a su comportamiento físico mecánico y de costos, se lograría empleando una dosificación de la poliacrilamida aniónica de 0.02% en peso (4gr/m³). Se verificó en el tramo Poncos – Kochayoc del departamento de Ancash que puede utilizarse en material existente de la subrasante escarificándose, retirando la piedra mayor a 2" en el espesor requerido. De los materiales de Subrasante, Canteras 1 y 2 con los 3 estabilizadores, se obtuvo valores de CBR por encima de 40% mínimo para afirmados según lo exigido en el manual de carreteras "Especificaciones técnicas generales para construcción" (EG2003). Sin embargo, no cumplen con lo exigido en el Documento técnico Soluciones básicas en carreteras no pavimentadas – 2015 (carácter normativo) donde indica el valor de CBR al 100%." (FLORES, 2017).

2.1.2 Antecedentes internacionales.

- **TESIS:** "Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso", Autor: Páez Ruano John Eduardo y Diaz Cruz Luis Fernando, RESUMEN: "En esta investigación que plantea la adición del aceite sulfonado con el tiempo las propiedades son dinámicas, en el módulo de rigidez al corte y amortiguamiento del sector de Mondoñedo al occidente de Bogotá. Se desarrollaron 19 especímenes de 50 mm de diámetro con 100 mm de altura, la adición de aceite sulfonado al agua en proporción de 2%, compactado en

método estático y ensayo bajo esfuerzos isotrópicos de confinamiento en 0 a 400 KPa, los resultados confirman que estabilizan en 0 días de curado un aumento de 60%.” (JOHN EDUARD PÁEZ RUANO, 2019)

- **ARTICULO CIENTIFICO:** “Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas”, Autor: Camacho Tauta Javier Fernando RESUEMN: “Se utilizaron tres aditivos (cal, cenizas volantes y aceite sulfonado) para disminuir las propiedades de una arcilla altamente expansiva (bentonita), con el fin de determinar las ventajas técnicas de cada alternativa bajo las mismas condiciones y ensayo. Para tal fin la bentonita se mezcló con diferentes concentraciones de aditivo y se realizaron ensayos de caracterización física y mecánica que permitieron analizar el comportamiento de cada uno. Se encontró que las cenizas volantes requieren ser adicionadas en cantidades excesivas para lograr disminución del potencial de expansión a valores admisibles. Con la cal se encontró un valor óptimo del 10% ya que logró una reducción considerable en las propiedades expansivas de la bentonita. Los resultados obtenidos con el aceite sulfonado evidenciaron que la estabilización electroquímica que lleva a cabo, requiere de factores ambientales favorables para desarrollar su efecto.” (Tauta, 2016).
- **Trabajo Investigación de Maestría:** ” Estabilización electroquímica de suelos para caminos agrícolas en la comunidad el chaquito (provincia Oropeza, departamento de Chuquisaca)”, Autor: Giovanni David Toro Hu, RESUSMEN: “El presente trabajo de investigación busca proponer una alternativa de solución al problema de inestabilidad de suelo, mediante la estabilización electroquímica (agente químico DS-328) de suelos de mala calidad para la vía de acceso a los campos de cultivo de la Comunidad El Chaquito, Provincia Oropeza del Departamento de Chuquisaca. La investigación consiste, en primer lugar, en evaluar el estado actual de la problemática de inestabilidad caminera de la comunidad El Chaquito, empleando técnicas como la entrevista y el cuestionario a líderes de opinión, antiguos pobladores y propietarios de terrenos de

cultivo en la comunidad. Posteriormente se aplican técnicas experimentales en campo, para la extracción de muestras representativas de suelo natural del camino agrícola. Se evaluaron los datos recogidos mediante instrumentos estadísticos, y para el caso de las muestras de suelo el análisis físico-mecánico (granulometría, límites de Atterberg, densidades) y físico-químico (textura, materia orgánica, pH, sulfatos) en laboratorio. Los resultados dieron los datos de partida para proponer la solución de mejora de las propiedades geomecánicas de suelo natural (densidad, resistencia a la compresión, impermeabilidad.” (Hu, 2007)

- **ARTICULO CIENTÍFICO:**” Curado natural y acelerado de una arcilla estabilizada con aceite sulfonado”. Autores: Javier Camacho-Tauta, Óscar J. Reyes-Ortiz, Catalina Mayorga- Antolínez, RESUMEN: “La efectividad en la estabilización de arcillas expansivas por medio de aceite sulfonado depende de las condiciones ambientales durante el curado. Se propone analizar especímenes de arcilla sometidos a diferentes períodos de curado natural y, simultáneamente, mediante curado artificial acelerado. La relación entre el tiempo de curado natural y el tiempo equivalente de curado acelerado depende del tipo de material estudiado, las condiciones ambientales del lugar que se desean simular y los parámetros que se consiguen controlar en una cámara de envejecimiento acelerado. Para tal objetivo se llevaron a cabo ensayos de plasticidad de muestras estabilizadas con aceite sulfonado, sometidas a diferentes períodos de curado tanto en condiciones naturales como en una cámara de envejecimiento acelerado. Se obtuvo un factor de curado acelerado para el material estudiado y se encontraron diferencias entre el proceso de curado natural y el curado acelerado.” (Javier Camacho-Tauta, 2008)
- **ARTICULO CIENTIFICO:**” Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad”. Autor: Eliana Llano, Diana Ríos y Gloria Restrepo, RESUMEN: “Como la fragmentación del hábitat; muerte de animales por

atropellamiento; deforestación, contaminación por ruido y material particulado; y deterioro y agotamiento de recursos naturales por la explotación de fuentes de materiales. La estabilización química se presenta como una solución técnica, económica y ambientalmente sostenible, que consiste en el uso de aditivos químicos para mejorar las propiedades ingenieriles del suelo. En esta investigación se evalúan distintas tecnologías de estabilización bajo condiciones de intemperismo acelerado, para establecer su efecto en el desempeño y durabilidad de suelos viales, así como posibles impactos sobre la biodiversidad en comparación con el uso de materiales tradicionales de construcción. Se estudiaron siete productos químicos que fueron aditivados sobre un suelo previamente caracterizado y clasificado. Se compactaron probetas teniendo en cuenta los parámetros obtenidos en el Proctor estándar y estos especímenes se sometieron a ciclos continuos de luz ultravioleta (UVA) y de condensación en cámara de intemperismo acelerado QUV-SPRAY/240 a tiempos de exposición de 0, 108, 216, 324, 432 y 540 h. Para cada tiempo se midió pH, conductividad y resistencia a la compresión no confinada. Los resultados mostraron un buen desempeño de los sistemas aditivados al presentar mayores resistencias mecánicas respecto al suelo natural, destacándose los productos de naturaleza puzolánica. Por otra parte, se observa que, al aplicar estos productos, el suelo conserva características del suelo natural, menores emisiones de material particulado y menores tasas de absorción de calor respecto a una estructura de pavimento tradicional. La evaluación bajo condiciones de intemperismo acelerado permite estimar el desempeño a largo plazo y la vida útil de estos materiales; así como evidenciar ventajas desde el punto de vista ambiental y de conservación de la biodiversidad, por la mitigación de impactos como el efecto borde al disminuir condiciones de temperatura superficial en las carreteras.” (Eliana Llano, 2020)

2.2 Marco conceptual.

2.2.1 Estabilización de suelos.

Su concepto de estabilización de suelos es mejorar propiedades mecánicas u otras propiedades y así poder alcanzar los parámetros recomendados por el MTC.

Al realizar la estabilización de un suelo esta mejora las propiedades físicas, e incorporando productos químicos, naturales o sintéticos. Este procedimiento por lo general se realiza en suelos de sub rasante con baja resistencia (suelos arcillosos y entre otros de baja resistencia), tal caso es conocidas estas estabilizaciones.

La estabilización de suelo consiste en dotar a los mismo, de resistencia mecánica y permanecía detalles propiedades en el tiempo. Las técnicas para una estabilización son variadas ya que van desde la adicción de otros suelos, la incorporación de uno o más agentes estabilizadores. Con cualquier tipo se el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación (MTC,2014). Los factores que se consideran al seleccionar el método más conveniente de estabilización son los siguientes:

2.2.2 Tipos de estabilización.

➤ Estabilización mecánica

a estabilización mecánica consiste en mejorar las propiedades del suelo reforzando o mejorando las propiedades granulares del suelo mezclándolo con otro material. En Perú, este es el método de estabilización más común porque se puede aplicar con equipos mecánicos comúnmente disponibles, como niveladores, compactadores rotativos y tractores. (Menendez,2009).

Para construir correctamente la capa de pavimento con los materiales obtenidos por estabilización granular, depende principalmente de la posición adecuada de los diferentes materiales en la calzada, de manera que las proporciones se determinan cuando se mezclan entre sí. Se obtienen cálculos previos y el producto

resultante tiene la jerarquía deseada. Una vez que se forma la mezcla seca, se incorpora la cantidad requerida de agua y se crea, prensa y coloca la mezcla húmeda como cualquier capa granular o subbase, dependiendo mucho del diseño. Proctor ha sido modificado. El tamaño máximo de las partículas de la mezcla es muy importante porque un tamaño demasiado grande dificultará el desarrollo de la acción de presión del trabajo estable mencionado anteriormente. La presencia de materiales delgados, menos de 40 mallas, dificulta lograr una buena resistencia y es propenso a la deformación, y también puede resultar en superficies muy lisas y fangosas cuando están mojadas y polvorientas cuando están secas. La capacidad de trabajar en una capa gruesa de material granular brinda una serie de beneficios tales como: mayor capacidad de carga del sustrato, protección del pavimento contra el congelamiento, drenaje mejorado, gradación uniforme en suelos altamente variables, efectos reducidos de cambios estacionales en la humedad y temperatura para soportar los niveles y elevar los niveles y reducir la corrosión bajo el pavimento de hormigón.

Se empleará materiales con valores de CBR mayores a 20% con módulo elástico aproximadamente de 120 Mpa (17500 psi). Estas son típicamente arena o materiales granulares, correspondiendo a AASHTO A-1 y A-2 (GW, GP, SW y SP). Típicamente son de gradación densa, con un tamaño superior máximo que varía en función de la altura del relleno. (Menéndez, 2009).

➤ **Estabilización por combinación de suelos**

Este tipo de tratamiento consiste en incorporar al material existente otro material procedente de antera o corte que, al ser adicionando, mejore las propiedades del material existente, por lo general, se busca suelos granulares con colones o rocas fracturada. En este caso, se debe verificar previamente que la granulometría resultante está distribuida uniformemente de tal manera que el proceso de compactación se facilita y la cantidad de vacíos disminuye (Menéndez, 2009).

➤ **Estabilización por sustitución de suelos**

En este tipo, algunas de las profundidades del suelo se eliminan y se reemplazan con material prestado. La determinación de profundidades alternativas se detalla en el capítulo Actualización. Este tipo de tratamiento se encuentra comúnmente cuando los materiales prestables están disponibles cerca o cuando es difícil estabilizar las condiciones del suelo por otros medios (turba, pantanos, etc.) (Menéndez, 2009).

➤ **Estabilización de suelos con cal**

Los usos de la cal para la estabilización de suelos incluyen mejorar las propiedades naturales del suelo para aumentar su resistencia a los efectos del tráfico (esfuerzo cortante) y el cambio de volumen en diferentes condiciones climáticas. En muchos casos, la incorporación de cal mejora las propiedades plásticas del suelo, haciéndolo más friable y, sobre todo, aumentando significativamente sus valores de tolerancia, procedimiento que ha demostrado perdurar en el tiempo. Asimismo, la cal elimina la susceptibilidad de los suelos cohesivos al agua, reduciendo su tendencia a hincharse. (Menéndez, 2009).

➤ **Estabilización de suelos con asfalto**

Es un estabilizador de productos bituminosos como betunes líquidos, emulsiones de asfalto y alquitrán. Para lograr la estabilidad con estos productos los siguientes objetivos:

- En los suelos no plásticos o arenosos, se trata que ejerza una acción de ligante que unida a la ficción propia del suelo evita deformaciones de la capa mejorada bajo la acción del tránsito.
- De los suelos cohesivos, se busca que el estabilizante aglomere las partículas de arcilla y obstruye los vacíos, impermeabilizando al suelo y protegiéndolo contra la acción del agua.

Un requisito importante para este tipo de instalación es la necesidad de condiciones climáticas adecuadas. Así, en zonas húmedas, la cantidad de agua en suelos blandos es muy alta durante

la mayor parte del año, añadiendo más fluidos (asfalto líquido o emulsiones) no sólo puede hacer que el suelo pierda dureza sino que también se puede conseguir una consistencia que dificulta mucho la compactación.

Finalmente, el tiempo de curado de la mezcla y la temperatura a la que se hace afectan en gran medida a la resistencia resultante. Cuanto mayor sea la temperatura de procesamiento, mayor será la fuerza, y cuanto mayor sea la temperatura, mejor porque el solvente se evapora más rápido y la fuerza es inversamente proporcional al contenido de solvente en el momento de la prueba. Por el contrario, la temperatura en el momento de la prueba produjo el efecto contrario. Cuanto más subes, menor es la resistencia, porque el asfalto se ablanda con el calor. El asfalto se mezcla con los áridos de diferentes formas: en caliente, en emulsión y en espuma. Cada caso requiere una tecnología apropiada y diferentes métodos de construcción. (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2016).

➤ **Estabilización de suelos con aceite sulfonado**

La estabilización del suelo se define como la mejora de las propiedades físicas del suelo mediante procesos mecánicos y una combinación de productos químicos, naturales o artificiales. Esta instalación se suele realizar en suelos insuficientes o de mala calidad.

La estabilidad del suelo consiste en darle resistencia mecánica y la persistencia de estas propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde agregar otro suelo hasta incorporar uno o más estabilizadores. Cualquiera que sea el mecanismo de sujeción, va seguido de un proceso de prensado.

El aceite de azufre es el catalizador que genera el intercambio iónico; Químicamente, son compuestos orgánicos derivados de sulfuros y ácidos compuestos. La función más importante de estos

aceites es reducir la cantidad de agua presente entre las partículas del suelo y aumentar el número de vacíos que permiten que las partículas se reorganicen, ya sea por atracción entre ellas o por presión.

El aceite sulfonado es un líquido hidrosoluble que ioniza y aumenta la conductividad eléctrica y facilita el intercambio de cationes, obligándolo a separarse de las partículas de arcilla, neutralizándolas y obligándolas a perder definitivamente su afección de agua.

Los principales efectos que tiene el aceite sulfonado sobre los suelos de matriz arcilloso son:

- Reduce espacios intersticiales
- Reduce la permeabilidad
- Incrementa la sedimentación.
- Mejora la respuesta a la compactación y aumenta la densidad del suelo

Los estudios de los aceites sulfurados y la evidencia de las pruebas de campo indican que los sistemas de estabilización electroquímica son una alternativa competitiva para reducir el potencial de expansión de las arcillas.

Tecnología Perma -Road

Perma-Road Ionic es un estabilizador químico del suelo (aceite de azufre), compuesto por complejos ionizados ligados por el intercambio de elementos. Todo esto, combinado en un medio oleoso soluble en agua, tiene la función de sellar las partículas estables del suelo. Perma-Road Ionic libera el agua retenida por absorción química en las partículas del suelo, rompiendo los enlaces electroquímicos que la componen. Esto permite que sea reemplazado por iones más fuertes y estables proporcionados por el estabilizador y los iones movilizados presentes en el propio suelo. Al mismo tiempo, elimina el dipolo de las partículas,

permitiendo que entren en estrecho contacto, reduciendo los espacios que antes ocupaba el agua adsorbida, en estado molecular, para que sean permeables y/o se evaporen.

Características químicas del aditivo líquido

- Sólidos activos (secado a 110°C máximo): min. 23%
- Ph : 1.0 +/- 0.15
- Índice de viscosidad CPS (a 25°C) (coaxial Rion – rotor 3 – bajo rango, modelo VA-04) : 300 +/- 100
- Peso específico a 25°C : 1,0 +/- 0.15
- Estado Físico : líquido
- Color : Marrón
- Totalmente dispersable en agua
- No inflamable
- No corrosivo
- No produce vapores dañinos

Condiciones de uso

- Se deben asegurar condiciones de homogeneidad y composición adecuada en el suelo a tratar de acuerdo a estudios y especificaciones de acuerdo a PERMA -ROAD.
- Al suelo a tratar se debe agregar un aditivo sólido, el cual consiste en cemento u otro filler gestionable localmente.
- El aditivo líquido PERMA -ROAD. se agrega al agua teniendo una dosificación de 1 lt. Para 3 m³ de suelo estabilizado. La aplicación se realiza utilizando un camión cisterna, donde se diluye el aditivo PERMA -ROAD en agua previo a su aplicación.
- La finalización del proceso contempla revolver y extender el suelo tratado con motoniveladora, y luego el compactado con rodillo vibratorio. Este proceso debe realizarse en las 4 horas inmediatamente posteriores al riego.

2.2.3 Carretera

Se sabe que las carreteras tienen características modernas correspondientes a las indicadas por el MTC, ancho, trazado y

pendiente; Además, debe tener características que permitan el transporte eficiente y el embalaje ordenado de grandes volúmenes de vehículos. (Hernández, 2016) citado por (Góngora, 2019)

2.2.3.1 Clasificación de carreteras

En el Perú, las autopistas se clasifican de la siguiente manera de dos maneras, dada la demanda de autopistas de primera y segunda clase, así como de autopistas de primera, segunda y tercera clase, y finalmente las vías de Carozales. Otras rutas pasan por geofísica dependiendo del tipo de terreno, y entre ellas hay terreno llano, accidentado y cerros empinados. (MTC, 2014).

Tipo	Descripción
Terreno Plano (TIPO 1)	Poseen pendientes transversales $\leq 10\%$ y pendientes longitudinales $< 3\%$.
Terreno Ondulado (TIPO 2)	Poseen pendientes transversales entre 11% y 50% y pendientes longitudinales que se encuentran entre 3% y 6%.
Terreno Accidentado (TIPO 3)	Poseen pendientes transversales entre 51% y 100% y pendientes longitudinales que se encuentran entre 6% y 8%.
Terreno Escarpado (TIPO 4)	Poseen pendientes transversales $> 100\%$ y pendientes longitudinales $> 8\%$.

Tabla 1: Clasificación por Orografía

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MTC, 2014)

2.2.4 Suelos

2.2.4.1 Tipos de suelos según la geotecnia

Para clasificar los suelos se evalúan las propiedades mecánicas que estos presenten, siendo las siguientes (Altamirano & Díaz, 2015):

- Las Arenas y las Gravas: Son aquellos suelos en los cuales no existe cohesión y se lucen de trozos granulares que presentan la forma circular o angulosa, entre ellos es muy limitada la existencia de rocas minerales.
- Los limos: Son aquellos suelos que pasan por la mallan N°200,

entre ellas existe elementos orgánicos que muchas veces son visibles y otras no; la plasticidad de estos limos es menor a la de las arcillas.

- Las Arcillas: Lo conforman aquellos suelos que se generan de la descomposición química y mineralógica de las rocas, cuando están húmedos son flexibles y si están secos son duros; además limitan la infiltración de agua.

2.2.4.2 Caracterización de la Subrasante

Para la verificación de las propiedades que se presentan los suelos se realizan las excavaciones de calicatas con una profundidad de 1.50 m. tal como indica la norma peruana, por ello el MTC menciona que el número de calicatas determinara el tipo de carreteras que se tenga. El cual se adjunta el cuadro para determinar la cantidad de calicatas.

Cuadro 4.1
Número de Calicatas para Exploración de Suelos

Tipo de Carretera	Profundidad [m]	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 9000 veh/da, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Dúctiles o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/da, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/da, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 4 calicatas x km	Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/da, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/da, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA, ≤ 200 veh/da, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 1 calicata x km	

Tabla 2: Número de Calicatas para explotación de suelos.

Fuente: manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos” sección: suelos y pavimentos.

Para las cantidades de los CBR que se debe realizar en una red vial, se realizará según el tipo de carretera que está presente, cuando mayor sea el tipo de transpirabilidad vial mayor será las cantidades de los ensayos de CBR. Tal como se muestra en la tabla N° 03.

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR

Tabla 3: Número de Ensayo Mr y CBR
Fuente: manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos”
sección: suelos y pavimentos.

2.2.5 Pavimentos

2.2.5.1 Componentes de un pavimento

- ✓ **Capa de rodadura:** Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.
- ✓ **Base:** Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ($CBR \geq 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento.
- ✓ **sub base:** Es una capa de material especificado y con un

espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ($\text{CBR} \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento.

- ✓ **subrasante:** La Subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

El terreno es la ubicación directa de la estructura de pavimentación y es parte de un prisma vial creado entre el terreno natural o entrada de vehículos y la estructura de pavimentación. El subsuelo es la capa superior de relleno o la capa inferior de excavaciones en el suelo natural, que soportará la estructura del pavimento, y consiste en suelos seleccionados con propiedades aceptables y compactados, de modo que no se vea afectado por la carga de tráfico de diseño. Su capacidad para soportar cargas en condiciones de servicio, combinada con las características del tráfico y los materiales de construcción del firme de la vía, son variables fundamentales para el diseño de la estructura de pavimento que se colocará allí. En la etapa de aplicación, el suelo final de 0,30 m por debajo de la capa superior de la subcapa se compactará al 95% de la densidad seca máxima obtenida de la prueba Proctor modificada. (MTC EM 115).

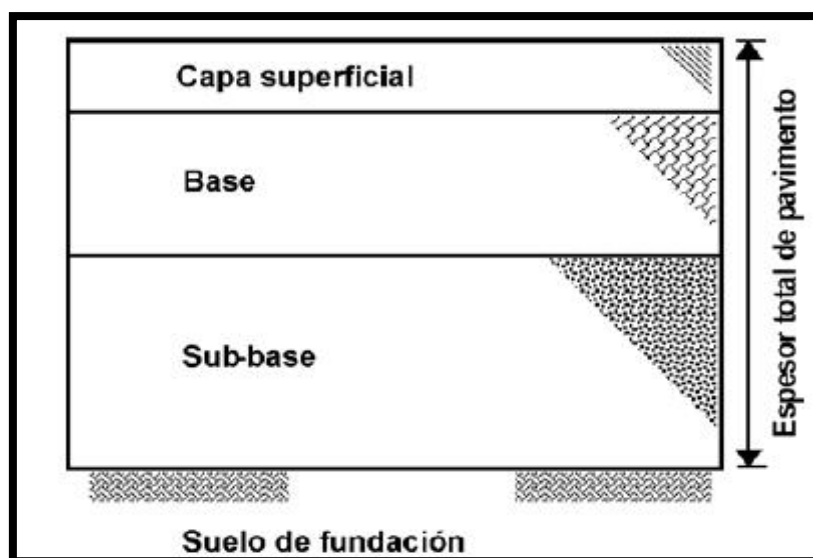


Ilustración 8: Paquete estructural.
Fuente: Google imágenes.

Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece al sector o subtramo, según el cuadro siguiente:

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Tabla 4: Categorías Subrasantes.
Fuente: manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos” sección: suelos y pavimentos.

2.2.6 Afirmado.

2.2.6.1 Patologías en carreteras afirmadas.

2.2.6.1.1 Descripción del mecanismo de deterioro.

El mecanismo de deterioro de un camino sin pavimentar a

diferencia de las carreteras pavimentadas consiste en un proceso progresivo más acelerado. Los finos al mezclarse con la humedad aglutinan a las fracciones más gruesas, y bajo la acción abrasiva de los neumáticos (acción del tráfico) llegan a pulverizarse en condiciones secas. Estos finos pulverizados aparecen como material particulado en suspensión (polvo) y por la constante pérdida de éstos es que los agregados gruesos están de manera suelta ante la acción del tráfico, y es así que la superficie de rodadura comienza a desgastarse de manera progresiva dando lugar a la formación de las depresiones, baches, y ondulaciones.

Estos problemas estructurales y superficiales se presentan debido a la acción del tráfico y a las condiciones climáticas (lluvias, presencia de hielo, efecto del deshielo). El deterioro ocurre en varias etapas, desde un deterioro lento que no se percibe hasta un deterioro crítico donde se evidencia en una descomposición total del camino que involucra una nueva conformación o rehabilitación de la vía (Mendoza, 2016).

2.2.7 Tráfico

2.2.7.1 Tipos de vehículos

Para el análisis de vehículos, se clasifican en vehículos ligeros y vehículos pesados. El primero incluye automóviles, camiones, autobuses y vehículos pesados, incluidos camiones, semirremolques, remolques, etc. El diseño se realiza con la masa y características de los vehículos en función del número y peso de los vehículos, especialmente en los tramos donde no se controla la masa.





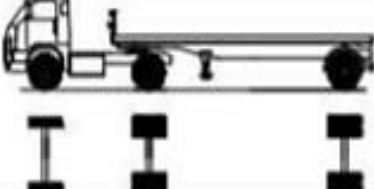
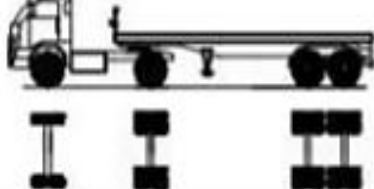
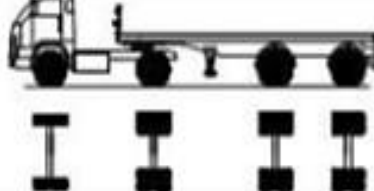
TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
C2		12,30	7	11	---	---	---	18
C3		13,20	7	18	---	---	---	25
C4		13,20	7	23 ⁽¹⁾	---	---	---	30
8x4		13,20	7+7 ⁽²⁾	18	---	---	---	32
T2S1		20,50	7	11	11	---	---	29
T2S2		20,50	7	11	18	---	---	36
T2Se2		20,50	7	11	11	11	---	40

Figura N° 8: Pesos y medidas de vehículos
Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos, 2003.

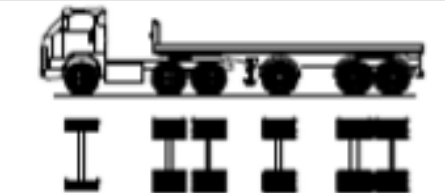
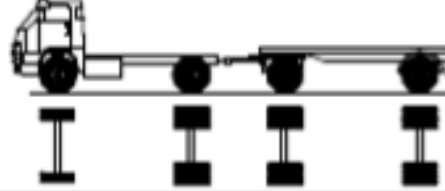
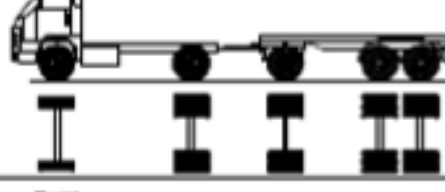
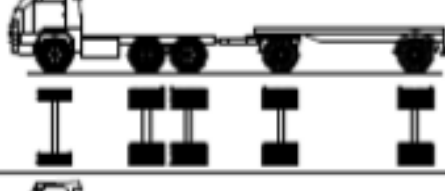
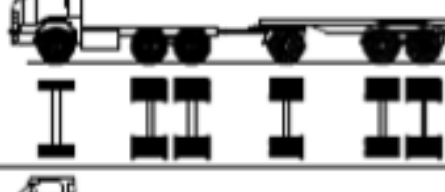
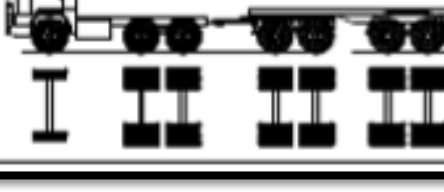
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Delant	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)
				Conjunto de ejes posteriores				
				1ª	2ª	3ª	4ª	
T30e3		20,50	7	18	11 ⁽¹⁾	18	---	49 ⁽²⁾
C2R2		23,00	7	11	11	11	---	40
C2R3		23,00	7	11	11	18	---	47
C3R2		23,00	7	18	11	11	---	47
C3R3		23,00	7	18	11	18	---	49 ⁽²⁾
C3R4		23,00	7	18	18	18	---	49 ⁽²⁾

Ilustración 9: Pesos y medidas de vehículos
Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos, 2003

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Delant	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)
				Conjunto de ejes posteriores				
				1ª	2ª	3ª	4ª	
T30e3		20,50	7	18	11 ⁽⁴⁾	18	---	48 ⁽²⁾
C2R2		23,00	7	11	11	11	---	40
C2R3		23,00	7	11	11	18	---	47
C3R2		23,00	7	18	11	11	---	47
C3R3		23,00	7	18	11	18	---	48 ⁽²⁾
C3R4		23,00	7	18	18	18	---	48 ⁽²⁾

Ilustración 10 :Pesos y medidas de vehículos
Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos, 2003

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1ª	2ª	3ª		4ª
C4R2		23,00	7	23 ⁽¹⁾	11	11	---	48 ⁽²⁾
C4R3		23,00	7	23 ⁽¹⁾	11	18	---	48 ⁽²⁾
8x4R2		23,00	7+7 ⁽³⁾	18	11	11	---	48 ⁽²⁾
8x4R3		23,00	7+7 ⁽³⁾	18	11	18	---	48 ⁽²⁾
8x4R4		23,00	7+7 ⁽³⁾	18	18	18	---	48 ⁽²⁾
C2RB1		20,50	7	11	11	---	---	29

Ilustración 11: Pesos y medidas de vehículos
Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos, 2003

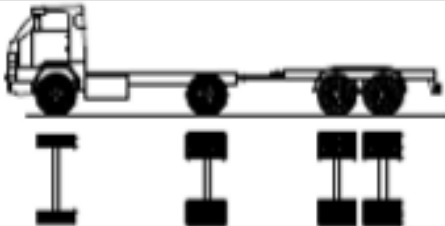
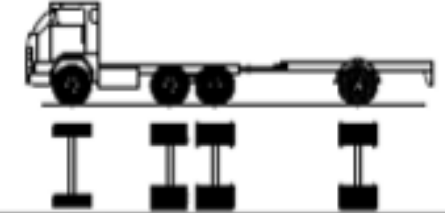
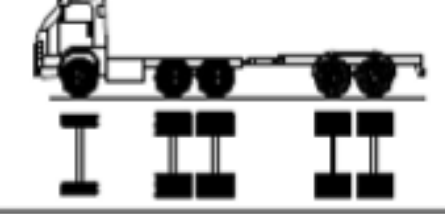
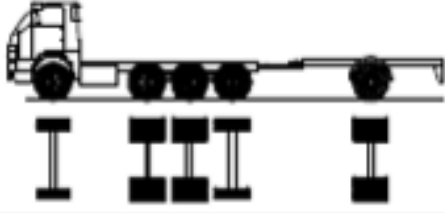
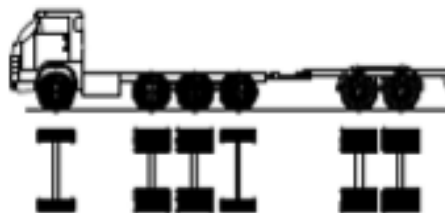
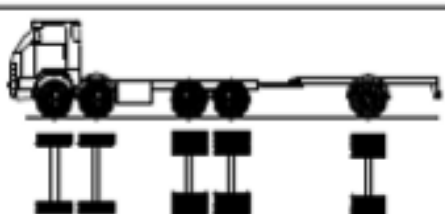
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores.				
				1ª	2ª	3ª		4ª
C2RB2		20,50	7	11	18	---	---	36
C3RB1		20,50	7	18	11	---	---	36
C3RB2		20,50	7	18	18	---	---	43
C4RB1		20,50	7	23 ¹⁾	11	---	---	41
C4RB2		20,50	7	23 ¹⁾	18	---	---	48
8x4 RB1		20,50	7+7 ²⁾	18	11	---	---	43

Ilustración 12: Pesos y medidas de vehículos
Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos, 2003

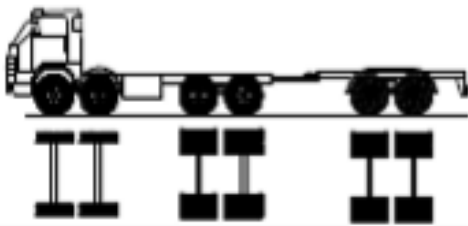
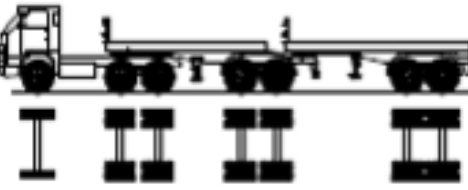
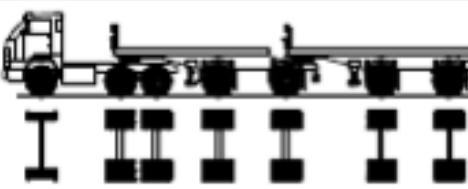
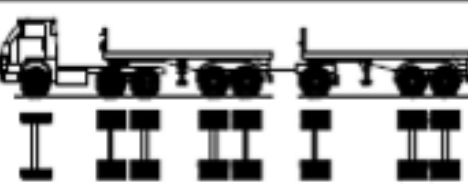
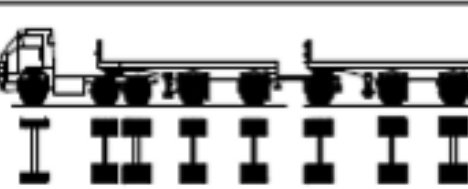
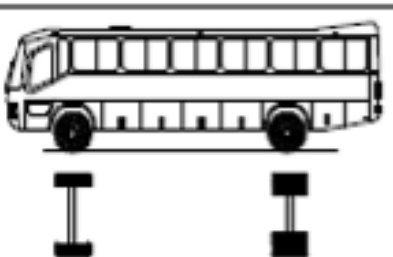
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1ª	2ª	3ª		4ª
Bx4 RB2		20,50	7+7 ⁽²⁾	18	18	—	—	48 ⁽²⁾
T362 S2		23,00	7	18	18	18	—	48 ⁽²⁾
T36e2 Se2		23,00	7	18	11 + 11 ⁽²⁾	11 + 11 ⁽²⁾	—	48 ⁽²⁾
T362 S1S2		23,00	7	18	18	11	18	48 ⁽²⁾
T36e2 S1Se2		23,00	7	18	11 + 11 ⁽²⁾	11	11 + 11 ⁽²⁾	48 ⁽²⁾
B2		13,20	7	11	—	—	—	18

Ilustración 13: Pesos y medidas de vehículos
Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos, 2003

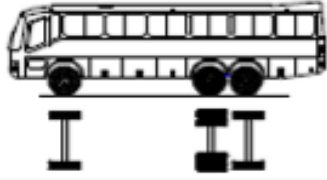
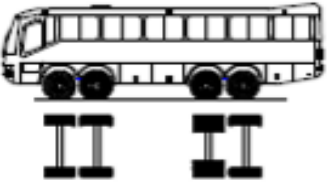
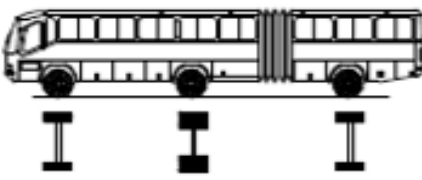
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Delant	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)
				Conjunto de ejes posteriores				
				1ª	2ª	3ª	4ª	
B3-1		14,00	7	16	--	--	--	23
B4-1		15,00	7+7 ^{da}	16	--	--	--	30
BA-1		18,30	7	11	7	--	--	25

Ilustración 14: Pesos y medidas de vehículos.
Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos, 2003



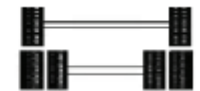
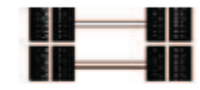


Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Gráfico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Ilustración 15: Pesos y medidas de vehículos
Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos, 2003

2.2.7.2 Método del manual de suelos, geología geotecnia y pavimentos del MTC.

Para el cálculo de ESAL la fórmula es la siguiente:

$$N_{rep\ de\ EE_{s,2tn}} = \sum EE_{día-carril} \times 365 \times Fca$$

Donde:

- **EE día-carril = IMDpi x Fd x Fc x Fvpi x Fpi**
- **IMDpi** = Corresponde al índice medio según tipo de vehículo pesado.
- **Fd** = Factor direccional
- **Fvpi** = Factor vehicular pesado del tipo seleccionado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de los ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número del total del tipo de vehículo seleccionado.
- **Fpi** = Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado.
- **Fca** = Factor de crecimiento acumulado.
- **365** = Número de días del año.

Cálculo de cada uno de los factores según el manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

2.2.7.3 Cálculo del factor de crecimiento acumulado (Fca):

Para el cálculo del factor de crecimiento acumulado (Fca) se utilizará la siguiente expresión:

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r = tasa de crecimiento

n = periodo de diseño

2.2.7.4 Factor de ajuste de neumático (Fp).

Para el factor presión de considero del cuadro 6.13 del manual de carreteras, sección: suelos y pavimentos.

Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático [PCN] en psi PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Tabla 5:Factor de ajuste Neumático

Fuente: manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos” sección: suelos y pavimentos.

2.2.7.5 Número de repeticiones de ejes equivalentes:

Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.

Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos	
Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	EE _{S1} = [P / 6.6] ^{4.0}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	EE _{S2} = [P / 8.2] ^{4.0}
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P / 14.8] ^{4.0}
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P / 15.1] ^{4.0}
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P / 20.7] ^{3.9}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P / 21.8] ^{3.9}
P = peso real por eje en toneladas	

Tabla 6: Relación de cargas por eje equivalente.

Fuente: manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos” sección: suelos y pavimentos.

2.2.7.6 Clasificación de número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño

Los caminos no pavimentados con afirmado (revestimiento granular) tendrán un rango de aplicación de números de repeticiones de EE en el carril y periodo de diseño de hasta 300,000.00 EE, de acuerdo al cuadro siguiente:

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z _R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{R0}	100,001	150,000	-0.385
	T _{R1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{R2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{R3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{R4}	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T _{R5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T _{R6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{R7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{R8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{R9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T _{R10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T _{R11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T _{R12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T _{R13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T _{R14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T _{R15}		>30'000,000	-1.645

Tabla N° 7: Relación de cargas por eje equivalente.

Fuente: manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos” sección: suelos y pavimentos.

2.2.7.7 Diseño de carretera

El dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado del anual de diseño de carreteras no pavimentadas del MTC (2008) considera la siguiente ecuación del método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) el cual relaciona el valor de soporte del suelo (CBR) y la carga actualmente en el afirmado, expresado en número de repeticiones de E.E.

Cálculo del espesor de la capa de afirmado

$$e = [219 - 211(\log_{10} CBR) + 58 (\log CBR)^2] \log \left(\frac{N_{Rxy}}{120} \right)$$

2.3 Definición de términos.

2.3.1 Trafico:

- Volumen de tráfico: Número de vehículos que pasan por un determinado punto o lugar de la calzada o carril de la carretera o calle, en un periodo dado.
- Estación de control o conteo: Punto donde efectúa la medición del volumen de vehículos.
- Tramo homogéneo: Sección de carretera con características geométricas o volumen de tránsito similar al tránsito normal.
- Tránsito normal: Corresponde al tránsito que utiliza la vía en condiciones presentes y crece en función de diversas tasas de crecimiento, se obtiene por conteo y clasificación vehicular.

2.3.2 Afirmado:

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas de afirmado (material granular seleccionado) como superficie de rodadura de una carretera, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, debidamente aprobados, con o sin adición de estabilizadores de suelos, que se colocan sobre una superficie preparada. Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes. Incluye el suministro, transporte, colocación y compactación del material, en conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en el Proyecto y aprobados por el Supervisor, y teniendo en cuenta lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental (Manual de Carreteras EG, 2013).

2.3.3 Pavimento:

El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura. (manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos”).

2.3.4 Suelos:

Se define suelo como la descomposición y alteración que sufren las

rocas y los residuos que se desarreglan al pasar el tiempo; los suelos están constantemente sufriendo cambios, modificaciones y procesos físicos y biológicos los cuales ocasionan la existencia de diferentes tipos de suelos. (De la Cruz & Salcedo, 2016) citado por (Gongora, 2019).

2.4 Hipótesis.

2.4.1 Hipótesis general.

El aceite sulfonado produce mejoras significativas en la estabilización de la subrasante de la carretera Quilca – Colpar, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo.

2.4.2 Hipótesis específicas.

- El aceite sulfonado mejora la resistencia del suelo arcillosos en la carretera del tramo Quilcas – Colpar del, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo.
- El aceite sulfonado mejora la resistencia de las propiedades físicas en la carretera del tramo Quilcas – Colpar del, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo.
- Las propiedades físicas del suelo con el aceite sulfonado optimiza resistencia en el suelo arcilloso de la carretera Quilcas – Colpar.

2.5 Variables

2.5.1 Definición conceptual de la variable:

- **Variable independiente: Aceite Sulfonado**

El aceite sulfonado utilizado en la presente investigación es de la marca PERMA - ROAD. El cual será adicionado a 1 Litro para 3 m³. según indica su ficha técnica, para lo cual este valor se multiplico por el peso unitario del Proctor, CBR y compresión no confinada según el ensayo que se está realizando para luego dividirlo entre la densidad seca máxima del Proctor modificado obteniendo la cantidad de aceite sulfonado en mililitros.

- **Variable dependiente: Estabilización De La Subrasante.**

Consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas

mecánicas mediante la incorporación de un aditivo como el aceite sulfonado en la subrasante.

2.5.2 Definición operacional de la variable:

- **Variable independiente: Aceite Sulfonado**

El aceite de azufre es un catalizador que genera intercambio iónico; Químicamente, son compuestos orgánicos derivados de sulfuros y ácidos compuestos. La función más importante de estos aceites es la de reducir la cantidad de agua presente entre las partículas del suelo, y aumentar el número de espacios que permiten reorganizar las partículas, ya sea por atracción entre ellas o por presión. (PÁES, 2005).

- **Variable dependiente: Estabilización De La Subrasante.**

La mejora de las propiedades mecánicas del suelo se medirá aumentando la capacidad de carga del suelo y aumentando la densidad seca máxima del suelo y las propiedades físicas del suelo.

2.5.3 Operación de la variable:

Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES (FACTORES)	INDICADORES (DEFINICIÓN CONCEPTUAL)
1. Aceite Sulfonado	El aceite sulfonado utilizado en la presente investigación es de la marca PERMA - ROAD. El cual es de 1 litro para cada 3 m ³ . según indica su ficha técnica, para lo cual este valor se multiplica por el peso unitario del Proctor, CBR y compresión no confinada según el ensayo que se está realizando para luego dividirlo entre la densidad seca máxima del Proctor modificado obteniendo la cantidad de aceite sulfonado en mililitros.	Caracterización del suelo	Estudio de Mecánica de Suelos: Contenido de humedad, Granulometría, Límites de Atterberg, Clasificación de suelos (AASHTO y SUCS).
		Máxima densidad seca	Proctor Modificado
2. Estabilización De La Subrasante	Consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas mecánicas mediante la incorporación de un aditivo como el aceite sulfonado en la subrasante.	Capacidad de soporte relativo del suelo.	California Bearing Ratio (CBR)

Tabla N° 8: Operación de las variables.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

El método científico trata sobre resolver o esclarecer problemas reales bajo procedimientos especiales de la ciencia para buscar explicarlos de la mejor manera o aproximadamente. (Tacillo, 2016)

3.2 Tipo de investigación

Investigación aplicada

Se caracteriza por la aplicación de las teorías y leyes científicas probadas, para explicar y solucionar problemas de la realidad. Son importantes para solucionar problemas prácticos como en la medicina, la psicología, la química, biología u otras disciplinas de la ciencia. Este tipo de investigación permite someter a confirmación las teorías, también permiten someter a la práctica nuevos problemas que necesitan solución y de esta manera llegar a explicaciones teórica, lo cual fortalece la teoría. (Tacillo, 2016, p.88).

3.3 Nivel de investigación

Nivel descriptivo.

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo, grupo, o cosa, con la intención de establecer sus modalidades, cualidades, acciones o actuaciones. Estos estudios son de término medio en la ubicación de la pirámide o nivel. Son estudios de medición de la variable de estudio: Consiste en observar y cuantificar la modificación de una o más características en un grupo, sin establecer relaciones. Así cada variable es analizada de acuerdo a los datos

o informaciones, de manera independiente o libre. En este tipo de estudio se encuentran las variables, pero no necesariamente se plantean hipótesis. (Tacillo, 2016, p.88).

3.4 Diseño de investigación

3.4.1 Diseño Pre Experimental.

Los diseños transaccionales descriptivos tienen como objetivo estudiar los efectos de los patrones o el alcance de una o más variables en una población. Enfoque que consiste en ubicar a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, sociedades, etc., en una o más variables y dar una descripción de las mismas. Por tanto, son estudios puramente descriptivos, y cuando establecen hipótesis, también son descriptivos (diagnóstico de unos o valores). (Hernández, 2014, p.153).

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

Para determinar la población, de la presente investigación, se va a determinar el suelo del tramo de la carretera Quilcas - Colpar, del Distrito de Quilcas, provincia de Huancayo, Región Junín, para así poder tener una base de datos, amplia e informativa, con respecto características físicas mecánicas del tramo mencionado.

3.5.2 Muestra

La muestra será del tipo no probabilístico o dirigida, ya que la muestra será extraída de manera puntual, con respecto a la cantidad calicatas se realizará 01, y la aplicación del aceite sulfonado será en 01 muestra general, específicamente en el progresiva que más arcilla se encuentra en el tramo está ubicado a 3451,99 m.s.n.m.

El punto N°1, progresiva 0+634.00: Se encuentra ubicado en la coordenada UTML de E:471826.87 m, S:8681009.14m. Al inicio del tramo de la carretera Colpar – Quilcas, del Distrito de Quilcas.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnicas

- ✓ Observación
- ✓ Encuesta

- ✓ Análisis documental
- ✓ Conteo vehicular
- ✓ Extracción de muestras en campo

3.6.2 Instrumentos

- ✓ Fichas de observación
- ✓ Fichas de conteo vehicular
- ✓ Revisión de bibliográficas especializada, normas técnicas entre otros.

3.7 Procesamiento de la información

3.7.1 Trabajo de campo

Para llevar a cabo la investigación de este trabajo, con base en registros de campo (conteo de vehículos), se visitaron los sitios mencionados anteriormente para obtener información sobre los parámetros requeridos para el método, seguido de la recolección de datos, las muestras, a través de pozos, pudieron estimar la importancia de los parámetros del suelo, como la resistencia y sus componentes.

3.7.2 Trabajo de gabinete

Para trabajos de oficina, se utilizará para procesar los datos obtenidos en campo mediante un software especializado, con el fin de comprimir y tabular mejor los datos obtenidos.

3.8 Técnicas y análisis de datos

Para el análisis de datos se ha considerado un enfoque cuantitativo, por lo que se hizo uso de la estadística descriptiva para determinar promedios y características importantes de las muestras estudiadas, por lo que se obtuvo graficas con la que se interpretó y analizo los resultados obtenidos en campo. Entre las “técnicas estadísticas aplicada en la presente investigación fueron las distribuciones de frecuencia, porcentaje, promedios, código de barra y entre otros.

Las técnicas a emplearse serán aplicación de instrumentos como encuestas, cuestionario y análisis de campo que nos permitirá obtener los dados de la unidad de análisis. Una vez obtenido los datos, se procederá analizar cada uno de ellos, atendiendo a los objetivos y variables de la investigación, de manera tal que se contrastará las hipótesis con las variables y objetivos planteados, demostrando así la validez o invalidez de estas. Al final se formularán las conclusiones y sugerencias para mejorar la problemática investigada.

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1 Aspectos generales

A. Ubicación del proyecto

Región : Junín
Provincia : Huancayo
Distrito : Quilcas
Centro Poblado : Colpar

Se realizó la extracción de material, realizando la excavación de 01 calicata en la progresiva. 0+634.00, realizando una excavación de 1.50 m. tal como nos recomienda el manual de carretera. Una vez realizada la calicata esta se llevó al laboratorio para realizar los ensayos correspondientes tales como Límites líquido, límites plástico, índice de plasticidad, granulometría, Proctor modificado, CBR.

4.2 Ensayos de laboratorio

4.2.1 Granulometría, clasificación SUCS Y AASHTO

N°	CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	GRANULOMETRIA			CLASIFICACION	
					% G	% A	% F	SUCS	AASHTO
1	C-1	M1	1.5	0+634	18.60	77.5	3.9	Sp	A-1-b(0)

4.2.2 Limite liquido (LL), limite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)

N°	CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	LL %	LP %	IP %
1	C-1	M1	1.5	0+634	27	25	2

4.2.3 Proctor modificado

- Muestra en estado natural

N°	CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	MAX. DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
1	C-1	M1	1.5	0+634	1.818	12.4

- Muestra en estado 0.30 lts/m³ de aditivo (2%)

N°	CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	MAX. DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
1	C-1	M1	1.5	0+634	1.912	10.34

- Muestra en estado 0.30 lts/m³ de aditivo (4%)

N°	CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	MAX. DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
1	C-1	M1	1.5	0+634	1.998	9.01

- Muestra en estado 0.30 lts/m³ de aditivo (6%)

N°	CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	MAX. DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
1	C-1	M1	1.5	0+634	2.001	8.99

- Muestra en estado 0.30 lts/m³ de aditivo (8%)

N°	CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	MAX. DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
1	C-1	M1	1.5	0+634	2.018	8

4.2.4 Ensayo de CBR

- **Muestra en estado natural**

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	CBR AL 100% M.D.S (0.1")	CBR AL 100% M.D.S (0.2")	CBR AL 95% M.D.S (0.1")	CBR AL 95% M.D.S (0.2")
C-1	M1	1.5	0+634	22.6	27.3	15.30	17.75

- **Muestra en estado 0.30 lts/m³ de aditivo (2%)**

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	CBR AL 100% M.D.S (0.1")	CBR AL 100% M.D.S (0.2")	CBR AL 95% M.D.S (0.1")	CBR AL 95% M.D.S (0.2")
C-1	M1	1.5	0+634	29.3	31.1	15.5	18.4

- **Muestra en estado 0.30 lts/m³ de aditivo (4%)**

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	CBR AL 100% M.D.S (0.1")	CBR AL 100% M.D.S (0.2")	CBR AL 95% M.D.S (0.1")	CBR AL 95% M.D.S (0.2")
C-1	M1	1.5	0+634	36.3	38.15	26.9	29.2

- **Muestra en estado 0.30 lts/m³ de aditivo (6%)**

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	CBR AL 100% M.D.S (0.1")	CBR AL 100% M.D.S (0.2")	CBR AL 95% M.D.S (0.1")	CBR AL 95% M.D.S (0.2")
C-1	M1	1.5	0+634	44.90	46.1	22.5	25.4

- **Muestra en estado 0.30 lts/m³ de aditivo (8%)**

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA (KM)	CBR AL 100% M.D.S (0.1")	CBR AL 100% M.D.S (0.2")	CBR AL 95% M.D.S (0.1")	CBR AL 95% M.D.S (0.1")
C-1	M1	1.5	0+634	57.0	59.7	26.2	28.3

4.2.5 Diseño de carretera

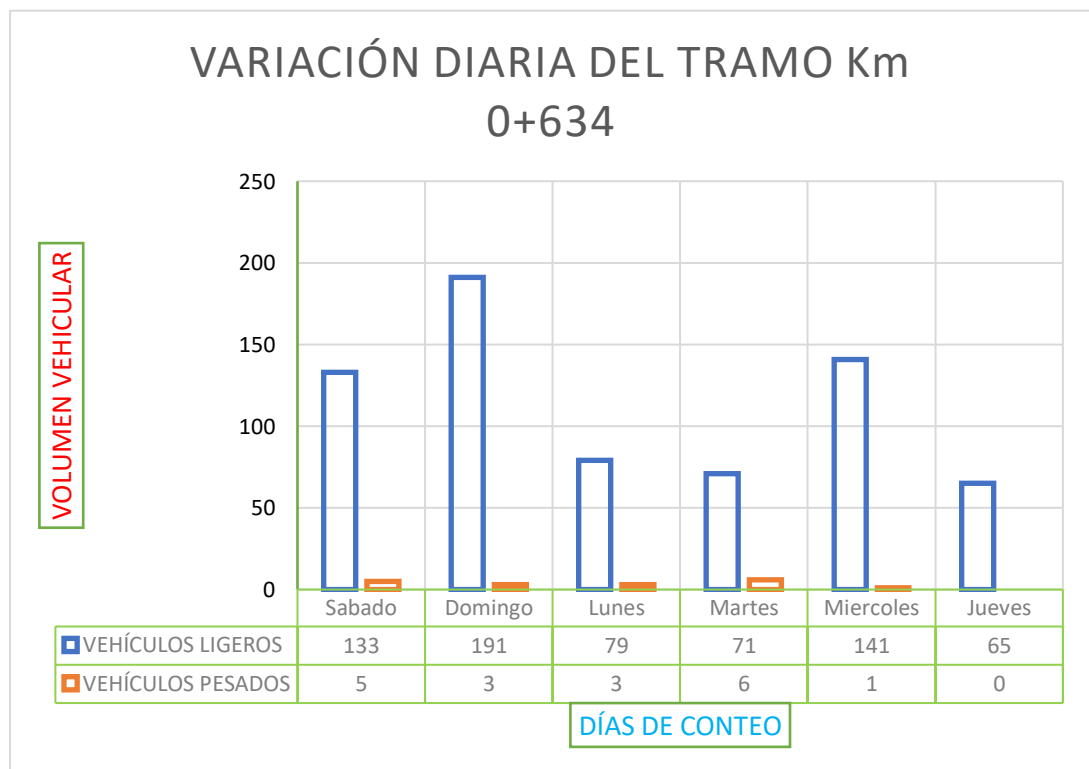
4.2.5.1 Resultado de conteo vehicular

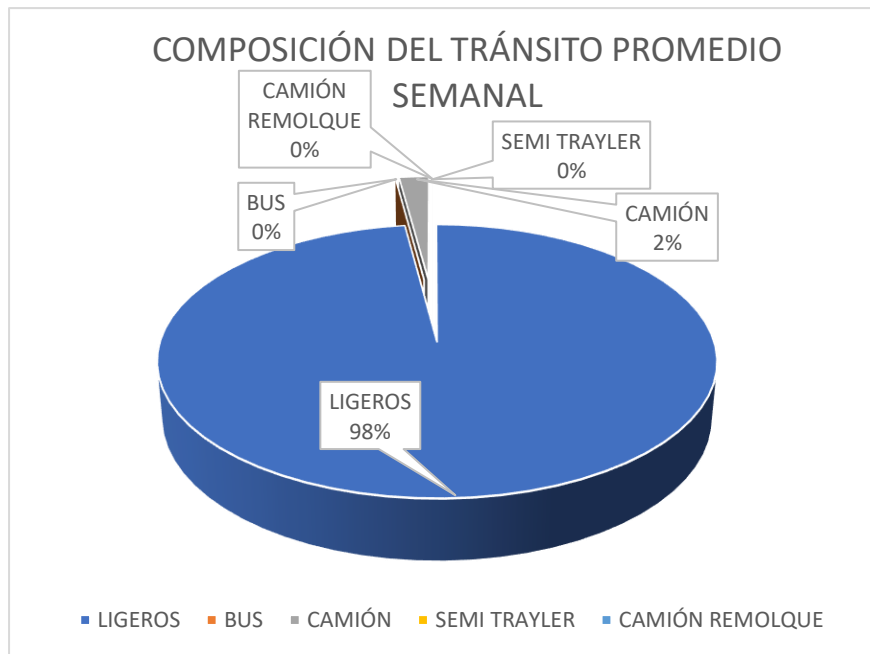
La información recolectada en el conteo vehicular se obtuvieron los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía, por día, tipo de vehículo.

CLASIFICACIÓN VEHICULAR	IMD							IMDs Promedio
	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	
LIGERO	133	191	79	71	141	65	120	114
B2	0	0	0	0	0	0	0	0
B3-1	0	0	0	0	0	0	0	0
B4-1	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	3	2	2	5	0	0	3	2
C3	2	1	1	1	1	0	2	1
C4	0	0	0	0	0	0	0	0
T2S1	0	0	0	0	0	0	0	0
T2S2	0	0	0	0	0	0	0	0
T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0
T3S3	0	0	0	0	0	0	0	0
C2R2	0	0	0	0	0	0	0	0
C2R3	0	0	0	0	0	0	0	0
C3R3	0	0	0	0	0	0	0	0
								118

Fuente: elaboración propia

Se verifica la intensidad el vehículo por día tanto por los vehículos livianos como los vehículos pesados.





Fuente: elaboración propia

4.2.5.2 Cálculo del ESAL de diseño

IMDs Promedio	Fce	IMDA	Fd	Fc	Fvp (EE)	Fp	EE (Día Carril)
114	1.217430	139	0.50	1.00	0.001	1.00	0.070
0	1.027332	0	0.50	1.00	4.503	1.23	0.000
0	1.027332	0	0.50	1.00	2.631	1.23	0.000
0	1.027332	0	0.50	1.00	3.896	1.23	0.000
2	1.027332	2	0.50	1.00	4.503	1.23	6.097
1	1.027332	1	0.50	1.00	3.284	1.23	2.371
0	1.027332	0	0.50	1.00	2.773	1.23	0.000
0	1.027332	0	0.50	1.00	2.773	1.23	0.000
0	1.027332	0	0.50	1.00	6.522	1.23	0.000
0	1.027332	0	0.50	1.00	6.210	1.23	0.000
0	1.027332	0	0.50	1.00	4.990	1.23	0.000
0	1.027332	0	0.50	1.00	9.760	1.23	0.000
0	1.027332	0	0.50	1.00	9.249	1.23	0.000
0	2.027332	0	0.50	1.00	9.249	1.23	0.000

Fuente: elaboración propia

	Σ EE Día Carril	Fca	Días (Año)	Nrep EE 8.2 t
VEHÍCULOS LIGEROS	0.070	10.321	365	262.07
VEHÍCULOS PESADOS	8.468	11.307	365	34,946.21
	$\Sigma =$			35,208.28

Fuente: elaboración propia

4.2.5.3 Cálculo del espesor (e):

- **Cálculo del espesor del pavimento sin mejorarla subrasante**

Para los espesores de la capa del afirmado el manual de carreteras considera trabajar con la ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS), donde el manual de carreteras relaciona este valor como soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} (\text{Nrep}/120)$$

- **Cálculo del espesor del pavimento con la subrasante sin el aceite sulfonado.**

$$e = [219 - 211(\log_{10}(22.6)) + 58(\log_{10}(22.6))^2] \times \log_{10} (35,208.28 / 120)$$

$$e = 145.41 \text{ mm} \Rightarrow e = 15. \text{ cm.}$$

- **Cálculo del espesor del pavimento con la subrasante mejorada del 2% con el aceite sulfonado.**

A la mejora de la subrasante con 2% de aceite sulfonado alcanzamos un CBR al 100% de 29.30 % y el espesor total con la subrasante mejorada seria:

$$e = [219 - 211(\log_{10}(29.3)) + 58(\log_{10}(29.3))^2] \times \log_{10} (35,208.28 / 120)$$

$$e = 125.81 \text{ mm} \Rightarrow e = 13 \text{ cm.}$$

- **Cálculo del espesor del pavimento con la subrasante mejorada del 4% con el aceite sulfonado.**

A la mejora de la subrasante con 4% de aceite sulfonado alcanzamos un CBR al 100% de 36.30% y el espesor total con la subrasante mejorada seria:

$$e = [219 - 211(\log_{10}(36.3)) + 58(\log_{10}(36.3))^2] \times \log_{10} (35,208.28 / 120)$$

$$e = 113.71 \text{ mm} \Rightarrow e = 12 \text{ cm.}$$

- **Cálculo del espesor del pavimento con la subrasante mejorada del 6%**

con el aceite sulfonado.

A la mejora de la subrasante con 6% de aceite sulfonado alcanzamos un CBR al 100% de 44.90 % y el espesor total con la subrasante mejorada seria:

$$e = \frac{[219 - 211(\log_{10}(44.9)) + 58(\log_{10}(44.9))^2] \times \log(35,208.28)}{120}$$

$$e = 105.34 \text{ mm} \Rightarrow e = 11 \text{ cm.}$$

- **Cálculo del espesor del pavimento con la subrasante mejorada del 8% con el aceite sulfonado.**

A la mejora de la subrasante con 8% de aceite sulfonado alcanzamos un CBR al 100% de 57.00 % y el espesor total con la subrasante mejorada seria:

$$e = \frac{[219 - 211(\log_{10}(57)) + 58(\log_{10}(57))^2] \times \log(35,208.28)}{120}$$

$$e = 100.27 \text{ mm} \Rightarrow e = 10 \text{ cm.}$$

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Del presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de determinar los resultados que se presenta a continuación:

Se determinó los efectos que produce el aceite sulfonado considerando una dosificación para la estabilización de la subrasante de 2%, 4%, 6% y 8%. Ante ello la investigación realizada por Manrique Reynaga, Josmell Frank, donde determinó la propuesta de estabilización de suelos en carreteras de bajo volumen de tránsito vehicular y la variación del porcentaje de CBR con respecto a la cantidad de aceite sulfonado, tomándose como valor de 0.3 lt/m³, agregándose a las muestras del suelo natural más un suelo aditivo líquido, donde concluye que: aumenta el CBR de un suelo a medida que el porcentaje del aceite sulfonado va incrementando, siendo esta directamente proporcionales. Por lo cual se demuestra que el uso de aceite sulfonado, mejora significativamente incremento del porcentaje del CBR. Por ello también se determinó que produce mejoras en la estabilización de subrasante de baja resistencia. Por lo tanto, de acuerdo a la hipótesis planteada El aceite sulfonado produce mejoras significativas en la estabilización de la subrasante de la carretera Quilca – Colpar, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo. Y según lo detallado se acepta esta hipótesis, ya que nuestros resultados se asemejan.

Se determinó los efectos que produce el aceite sulfonado en los suelos arcilloso, teniendo como resultado efectos de aumento de propiedades tanto en los límites líquidos, límites plásticos e índice de plasticidad, teniendo como material de estudio análisis granulométrico realizado en la muestra 01 se observa que se encuentra mayormente en la

clasificación por el método AASHTO A-1-b(0), y por el método SUCS indicaría que el suelo es una arena pobremente graduada con grava de clasificación SP. Viendo los resultados que obtuvimos por el laboratorio se obtiene un Índice de Plasticidad de 2 por lo tanto si verificamos en los rangos estaría en la categoría I. por lo tanto en los suelos arcillosos adicionando el aceite sulfonado esta aumenta el CBR del suelo. Por parte de la investigación realizada por: Gómez Ávila, Andersen Jesús y Silva Navarro, Elías Enrique, que concluyen lo siguiente: Al incorporar aceite sulfonado en la estabilización de la subrasante sin duda se logra mejorar la resistencia de la subrasante de la carretera San Francisco con un porcentaje inicial de CBR 8.6% aumentado su capacidad de soporte a 17.2%, por lo tanto, se determinó que el aceite sulfonado en suelos arcillosos mejora la capacidad de soporte y por ello de acuerdo a la hipótesis específico El aceite sulfonado mejora la resistencia del suelo arcillosos en la carretera del tramo Quilcas – Colpar del, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo. Según lo mencionado se acepta la hipótesis planteada.

Se determinó los efectos del aceite sulfonado en las propiedades físicas del suelo. Al adicionar el aceite sulfonado se obtendrá una mejora en la propiedad física, aumento en la densidad máxima y una disminución de humedad óptima en el Proctor modificado y en el ensayo del CBR esta aumenta la capacidad de resistencia del material aplicado. Ante ello la investigación realizada por Gómez Ávila, Andersen Jesús y Silvia Navarro, Elías Enrique, concluyen que se comparó la muestra de suelo patrón con las muestras adicionadas de diferentes porcentajes del aceite sulfonado dando como resultado una mejora del CBR de 65% como máximo en la subrasante con un porcentaje de 5% de aceite sulfonado con un máximo valor en las muestras extraídas de la parte superficial de la vía, con respecto a la compresión simple no confinada se obtuvo el valor ideal de 24.10 kg/cm². superando lo mínimo exigido por la norma del aditivo aceite sulfonado. De lo mencionado, se determina que el aceite sulfonado producen mejoras en las propiedades físicas del suelo. Por lo tanto, de acuerdo a la hipótesis específica El aceite sulfonado mejora la resistencia de las propiedades físicas en la carretera del tramo Quilcas – Colpar del, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo, y según lo mencionado se acepta la hipótesis planteada.

En la verificación la reacción de las propiedades físicas el suelo arcilloso con el aceite sulfonado del tramo de carretera Quilcas Colpar, donde se obtiene los valores ya que es comparada con la humedad óptima que se obtiene de los ensayos de Proctor

modificado. si la humedad natural resulta menor que la humedad optima se tiene proponer varias alternativas como aumentar la energía de compactación, realizar menor cantidad de agua y mayor dosificación de aditivo en la investigación se determinó las 5 muestras realizada, las cuales la primera muestra es la tierra natural, donde se obtuvo un contenido de humedad optima de 12.40% y la densidad máxima es de 1.818 gr/cm³, ahora si se aplica el aceite sulfonado con un porcentaje de 2% se obtendría una humedad optima de 10.34 %, con una densidad máxima de 1.912 gr/cm³. E implementando el aceite sulfonado al 4% a una humedad optima de 9.01%, y su densidad máxima de 1.998 gr/cm³. Con el 6% se obtiene una humedad óptima de 8.99%, y su densidad máxima de 2.001 gr/cm³, y se añadió el 8% de aceite sulfonado en el material se obtiene una humedad optima de 8.00%, y su densidad máxima de 2.018 gr/cm³. Por ello según los estudios realizado del Proctor modificado nos hace entender que mientras más sea la dosificación del aceite sulfonado aumenta la densidad máxima y menora la humedad óptima. Se han realizado con la muestra extraída de la carretera con la intención de reutilizar dicho material que a lo largo del tiempo se ha venido mejorando para una muestra en estado natural se obtuvo un valor mínimo de 8.0% al 95% de la máxima densidad seca y con la adición de 2% del aceite sulfonado se obtuvo un valor máximo de 15.30% al 95 % de la máxima densidad seca, cumpliendo con lo exigido en la norma EG del MTC para ser parte de una subrasante estabilizada. La investigación realizada por los autores de Eliana Llano, Diana Ríos y Gloria Restrepo por lo que Concluyen Que: Los resultados mostraron un buen desempeño de los sistemas aditivados al presentar mayores resistencias mecánicas respecto al suelo natural, destacándose los productos de naturaleza puzolánica. Por otra parte, se observa que, al aplicar estos productos, el suelo conserva características del suelo natural, menores emisiones de material particulado y menores tasas de absorción de calor respecto a una estructura de pavimento tradicional. La evaluación bajo condiciones de intemperismo acelerado permite estimar el desempeño a largo plazo y la vida útil de estos materiales; así como evidenciar ventajas desde el punto de vista ambiental y de conservación de la biodiversidad, por la mitigación de impactos como el efecto borde al disminuir condiciones de temperatura superficial en las carreteras. Por lo que se determinó que las reacciones de las propiedades físicas del suelo arcilloso resultaron similar a mis ensayos realizados en el lugar en estudio. Por ello, de acuerdo a la hipótesis específico, Las propiedades físicas del suelo con el aceite sulfonado optimiza resistencia en el suelo arcilloso de la carretera Quilcas – Colpar y según lo detallado se acepta la hipótesis especifica planteada.

CONCLUSIONES

- Se determinaron los efectos con los ensayos CBR a las muestras del suelo adicionando el aceite sulfonado (aditivo líquido) con los porcentajes 2%, 4%, 6% y 8% por lo cual teniendo como resultado en estado natural el material es de 22.60% al 100% de la M.D.S, y se adicionó el 2% del aceite sulfonado teniendo como resultado de 29.3% al 100% de la M.D.S, de igual manera con el 4% llegando a un 36.3% al 100% de la M.D.S, con el 6% se obtuvo un 44.9% del 100% de la M.D.S y por último se utilizó el 8% de aceite sulfonado llegando como resultado de 57% del 100% de la M.D.S. los ensayos realizados del CBR se hicieron con la penetración de 1" y 2". Por ellos se evidencia el crecimiento del CBR con el aceite sulfonado con la dosificación planteada.
- Los efectos que produce el aceite sulfonado en los suelos arcillosos es aumentar la resistencia del suelo. Teniendo como resultado en este tramo un CBR de 22.60% (estado natural), llegando a obtener un 29.3% de CBR adicionando el aceite sulfonado con un 2% de solución.
- las propiedades físicas del aceite sulfonado en la estabilización de la vía Quilcas – Colpar en la provincia de Huancayo, se realizó por medio de los ensayos de laboratorio realizado en distintas proporciones y en estado natural del material, a ello se observó la mejora de sus propiedades mecánicas de resistencia del suelo en estudio.
- Las reacciones de las propiedades físicas del suelo arcilloso con el aceite sulfonado es el aumento de la densidad máxima y disminución de la humedad óptima. En el CBR mientras más es la dosificación del aceite sulfonado más es la resistencia del CBR.

RECOMENDACIONES

- Ser recomienda utilizar a las entidades públicas y/o privadas el aceite sulfonado en el tramo Quilcas – Colpar ya que los resultados se obtuvieron con una mejora en sus propiedades mecánicas del material mencionado.
- Para poder utilizar el aceite sulfonado se recomienda tener en cuenta las propiedades mecánicas del suelo a ejecutarse, y así poder determinar la dosificación adecuada según los ejes equivalentes y según el tipo de material a trabajar.
- En vista que si se aumenta el porcentaje de dosificación del aceite sulfonado esta aumenta la resistencia y disminuye la cantidad de movimiento de tierra, por ello en costo sería más rentable en los proyectos debido que se reducirían movimiento de material, explotación de canteras y reducción de movimiento de quipos.
- Si al material se adiciona más dosificación del aceite sulfonado esta hace que incremente la resistencia del CBR y reduzca más el espesor del afirmado. Por lo cual se recomendaría utilizar la dosificación de 4% debido que esta es el punto medio de trabajabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAICEDO, L. DIEZ O. MONTES & B. 2015. ESTABILIZACION DE SUBRASANTES CON PRODUCTOS QUIMICOS. COLOMBIA : s.n., 2015.

Campoverde, Jahanina. 2019. Análisis del efecto toxicológico que provoca el consumo humano de agua no potable, mediante la determinación de cloro libre residual en aguas tratadas de las parroquias rurales del Cantón Cuenca. Universidad Estatal De Cuenca. Cuenca - Ecuador : s.n., 2019. Tesis (maestría).

CESEL INGENIEROS. MARZO -2017. FRACCIONAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DEFINITIVO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA OYÓN- AMBO. OYÓN : s.n., MARZO -2017. Vol. VI, TOMO I.

CHAVEZ ARBAYZA, Diego. 2019. PROPUESTA DE ESTABILIDAD CON CAL PARA SUBRASANTES EN PRESENCIA DE SUELOS ARCISLLOSOS. LIMA : s.n., 2019.

Construcción y Tecnología en Concreto . **Concreto, Instituto Mexicano de Cemento y del. 2017.** México : s.n., 2017, ISBN: 01877895, págs. 17-18.

Control de Calidad de Agua– Determinación de Cloro Residual. **R-Chemical. 2011.** 2011.

Dianina, DELGADO LEON Iris. 2020. Análisis comparativo de aceite sulfurado y cal para la aestabilización de la sub- rasante en la carretera no pavimentada. San Francisco, Tarapoto Perú : s.n., 2020.

Documentación y Guía De Diseño Optipave2 . **TCPavements. 2013.** Chile : s.n., 2013, pág. 3.

DUQUE SALDARRIAGA, Jennifer y VÁSQUEZ CADENA,Brayan Stiven. 2019. MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN VÍAS DE TERCER ORDEN. PEREIRA-COLOMBIA : s.n., 2019.

Elmer, LALANGE CORDOVA Oscar. 2019. “Estabilización de la subrasante con aceite sulfonado para la Carretera Departamental Ruta. Piura Perú : s.n., 2019.

Enciso, Niray. 2019. Seguimiento de la concentración de cloro residual en Tanque de almacenamiento, red de distribución y Tanques residenciales en el municipio de Fortul, Departamento de Arauca . Universidad De La Salle . 2019. Tesis (título profesional).

Frank, MANRIQUE REYNEGA Josmell. 2019. Aplicación de Aceites sulfurados para mejorar la subrasante en la avenida "LA CULTURA". Apurimac Perú : s.n., 2019.

Guías Para la Calidad del Agua Potable. **Salud, Organización Mundial de la. 2006.** 2006, pág. 146.

HERNÁNDEZ LARA, Josue Aristides, MEJÍA RAMÍREZ, David Remberto. 2016. PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RIGIDOS. EL SALVADOR : s.n., 2016.

Jesús, GOMEZ AVILA Anderson. 2019. Influencia de aceite sulfurado y cemento Portland Tipo I. Pataz, Trujillo Perú : s.n., 2019.

ANEXOS

- **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título del Proyecto: “EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUICAS - COLPAR EN LA PROVINCIA HUANCAYO”.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES		METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL			<u>MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN:</u> * GENERAL: Científico. * ESPECIFICO: Descriptivo. <u>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</u> * Aplicado. <u>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</u> * Descriptivo. <u>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:</u> * Transeccional descriptivo comparativo.
Qué efectos produce el aceite sulfonado en la estabilización de la subrasante de la carretera del tramo Quilcas – Colpar, Distrito de Quilcas, ¿Provincia de Huancayo?	Determinar los efectos que produce el aceite sulfonado en la estabilización de la subrasante de la carretera Quilca – Colpar, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo.	El aceite sulfonado produce mejoras significativas en la estabilización de la subrasante de la carretera Quilca – Colpar, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo.	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Aceite Sulfonado	
PROBLEMA ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS			<u>POBLACIÓN Y MUESTRA:</u> * POBLACIÓN: Para determinar la población, de la presente investigación, se va a determinar el suelo del tramo de la carretera Quilcas - Colpar, del Distrito de Quilcas, provincia de Huancayo, Región Junín, * MUESTRA: La muestra será del tipo no probabilístico o dirigida, ya que la muestra será extraída de manera puntual, con respecto a la cantidad calicatas se realizará 02, y la aplicación del aceite sulfonado será en 01 muestra general, específicamente en el progresiva que más arcilla se encuentra en el tramo está ubicado a 3351,99 m.s.n.m.
¿Qué efectos produce el aceite sulfonado en la resistencia del suelo arcillosos de la carretera del tramo Quilcas – Colpar?	Determinar los efectos que produce el aceite sulfonado en los suelos arcillosos de la carretera del tramo Quilcas – Colpar.	El aceite sulfonado mejora la resistencia del suelo arcillosos en la carretera del tramo Quilcas – Colpar del, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo	DIMENCIONES:	Caracterización del suelo	
				Máxima densidad seca	
¿Cuáles son los efectos del aceite	Determinar los efectos del aceite sulfonado en	El aceite sulfonado mejora la	VARIABLES DEPENDIENTE:	Estabilización De La	

sulfonado en la resistencia de las propiedades físicas del suelo del tramo de carretera Quilcas – Colpar?	las propiedades físicas del suelo del tramo de carretera Quilcas – Colpar.	resistencia de las propiedades físicas en la carretera del tramo Quilcas – Colpar del, Distrito de Quilcas, Provincia de Huancayo		Subrasante En El Tramo Quicas - Colpar	<u>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:</u> TÉCNICAS: *Monitoreo, análisis y comparación
¿Cuale son las propiedades físicas del suelo con el aceite sulfonado del tramo de carretera Quilcas – Colpar?	Verificar la reacción de las propiedades físicas del suelo arcilloso con el aceite sulfonado del tramo de carretera Quilcas – Colpar	Las propiedades físicas del suelo con el aceite sulfonado optimiza resistencia en el suelo arcilloso de la carretera Quilcas – Colpar.	DIMENSIONES:	Capacidad de soporte relativo del suelo	

- **Certificados del laboratorio de suelos**

✓ **Perfil estratigráfico**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Informe N°	FV DC 21
Fecha de Emisión	: 27/12/2021
Páginas	: 01 de 01
Realizado por	N.L.C.Z.
Revisado por	C.A.A.R.
Certificado N°	: N 08-21

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS - COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"
SOLICITANTE	: BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO

Muestra	: M-1
Calicata	: C-1, KM 0+634.00 QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO
Profundidad Total (m)	: 1.50 mts
Prof. Nivel Freático (m)	: N.P.

REGISTRO DE SONDAJES

PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50		ARENA POBREMENTE GRADADA CON GRAVA	M-1	SP	A-1-b(0)



ANCCOR SAC.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Carlos A. Ancasí Rojas
CIP 148881
Especialista Mecánica de Suelos

RUC: 20608578187
DIRECCIÓN Av. GENERAL GÓMEZ F 328 CHILEA - HUANCAYO (ALTURA
DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES)
TEL: 97422748 - 0641603348
ANCCOR@GMAIL.COM



✓ **Análisis granulométrico**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Informe N° : FV DIC 21
 Fecha de Emisión : 27/12/2021
 Páginas : 01 de 01
 Realizado por : N.L.C.Z.
 Revisado por : C.A.A.R.
 Certificado N° : N 02 - 21

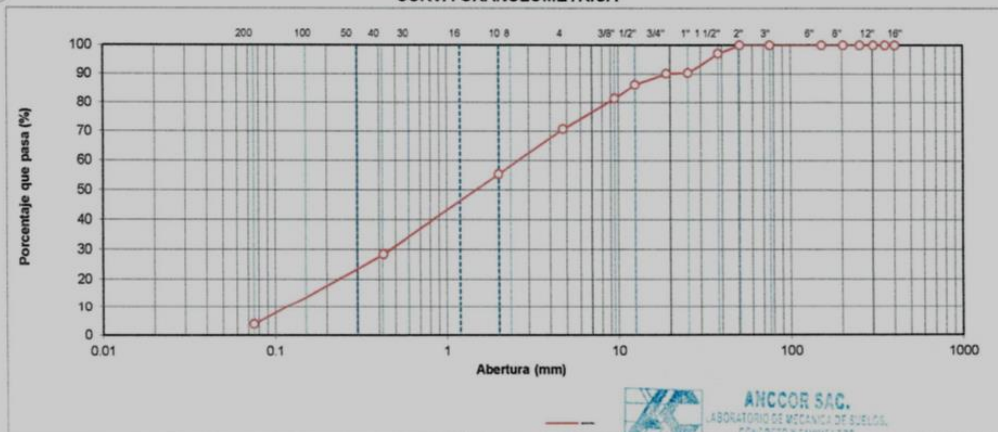
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA MTC E-107, E-204, AASHTO T-27, ASTM D422)

PROYECTO : TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS - COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"
 CLIENTE : BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA
 MATERIAL : CONVENCIONAL
 UBICACIÓN : QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO LADO: DER

DATOS DE LA MUESTRA
 CALICATA : C-01 Peso inicial seco : 3989.0
 MUESTRA : M - 01 (Muestreo por el cliente)
 PROF. (m) : 0.00 - 1.50 TAMAÑO MAXIMO : 1 1/2"

TAMIZ (pulg)	(mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
					100.0		Contenido de Humedad (%) : 8.1
					100.0		Límite Líquido (LL) : 27
					100.0		Límite Plástico (LP) : 25
					100.0		Índice Plástico (IP) : 2
					100.0		Clasificación (SUCS) : SP
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0		Descripción (SUCS) : Arena pobremente gradada con grava
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		Clasificación (AASHTO) : A-1-b(0)
1 1/2"	38.100	119.0	3.0	3.0	97.0		Descripción (AASHTO) : Bueno
1"	25.400	265.0	6.6	9.6	90.4		
3/4"	19.000	11.0	0.3	9.9	90.1		
1/2"	12.500	159.0	4.0	13.9	86.1		
3/8"	9.500	188.0	4.7	18.6	81.4		
Nº 4	4.750	422.0	10.6	29.2	70.8		
Nº 8	2.360	446.0	11.2	40.4	59.6		
Nº 10	2.000	169.0	4.2	44.6	55.4		
Nº 16	1.190	132.0	3.3	47.9	52.1		
Nº 20	0.840	414.0	10.4	58.3	41.7		OBSERVACIONES :
Nº 30	0.600	281.0	7.0	65.3	34.7		Bolonería > 12" : 0.0
Nº 40	0.425	245.0	6.1	71.5	28.5		Bolonería 12" - 6" : 0.0
Nº 50	0.300	149.0	3.7	75.2	24.8		Bolonería 6" - 2" : 0.0
Nº 80	0.177	290.0	7.3	82.5	17.5		Grava 2" - 3/8" : 18.6
Nº 100	0.150	65.0	1.6	84.1	15.9		Arena 3/8" - Nº 200 : 77.5
Nº 200	0.075	478.0	12.0	96.1	3.9		Finos < Nº 200 : 3.9
< Nº 200	FONDO	156.0	3.9	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMETRICA



RUC: 20608578189
 DIRECCIÓN: Av. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO
 (ALTA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
 TEL.: 974222748 - (064)602348
 ANCCORSAC@GMAIL.COM


ANCCOR S.A.C.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Ing. Carlos A. Anccasi Rojas
 CIP 143901
 Especialista Mecánica de Suelos



✓ **Límites de consistencia, Proctor modificado, CBR.**

a. Material convencional – LL, LP, IP

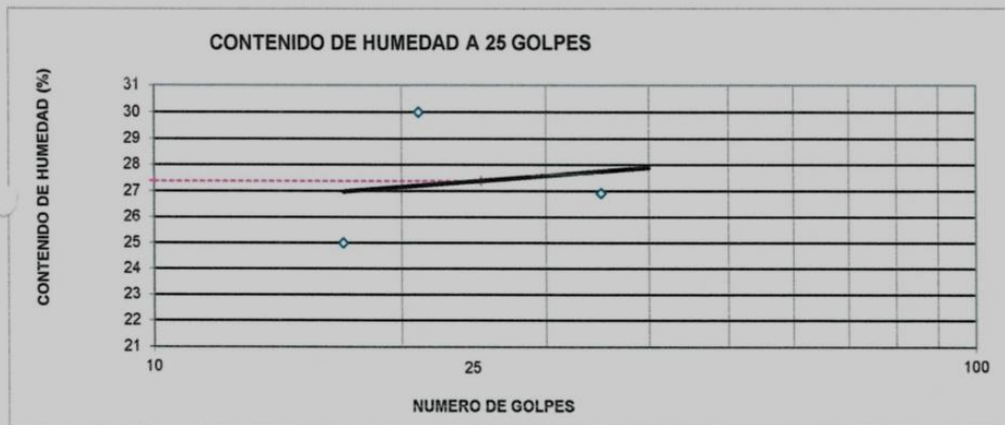
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : FV DIC 21
		Fecha de Emisión : 27/12/2021
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : N.L.C.Z.
		Revisado por : C.A.A.R.
		Certificado N° : N 03 -21

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N°40
(NORMA MTC E-110, E-111, E-202 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS – COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"		
CLIENTE	: BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA		
MATERIAL	: CONVENCIONAL		
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO:	DER

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA	KM 0+634.00
MUESTRA	: M - 01 (Muestreo por el cliente)	CLASF. (SUCS)	SP
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO)	A-1-b(0)

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N° 200							
N° TARRO	Und	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Promedio
		1	2	3	6	7	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	47.00	40.00	44.00	19.00	19.00	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	40.00	34.00	38.00	18.00	18.00	
PESO DE AGUA	(g)	7.00	6.00	6.00	1.0	1.0	
PESO DEL TARRO	(g)	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	26.0	20.0	24.0	4.0	4.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.9	30.0	25.0	25.0	25.0	25
NUMERO DE GOLPES	-	35	21	17	-	-	-



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	27
LIMITE PLASTICO	25
INDICE DE PLASTICIDAD	2


RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO (ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCOR.SAC@GMAIL.COM

 **ANCCOR SAC.**
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETOS Y PAVIMENTOS


Ing. Carlos A. Anccasi Rojas
CIP 148881
Especialista Mecánica de Suelos



b. Proctor modificado – material convencional

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS		Informe N°	FV DIC 2021
			Fecha de Ems.	: 27/12/21
			Páginas	: 01 de 01
			Realizado por	: N.L.C.Z.
			Revisado por	: C.A.A.R.
		Certificado N°	: N 04 - 21	

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

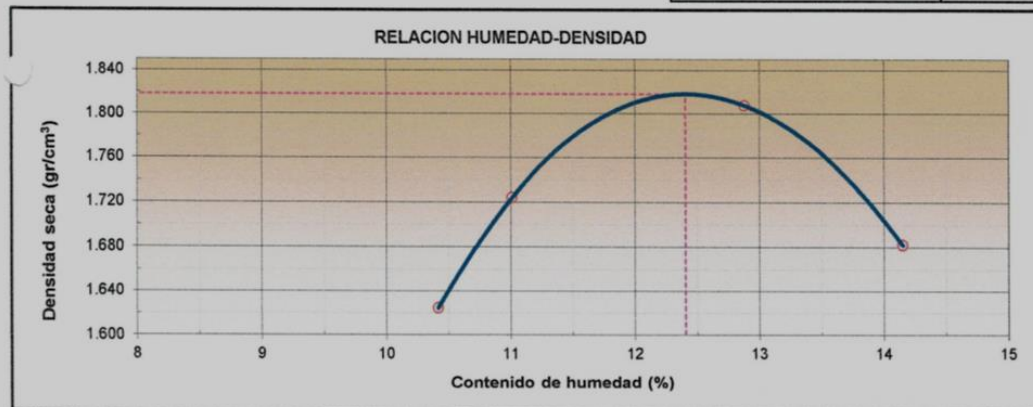
PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS – COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"		
CLIENTE	: BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA		
MATERIAL	: CONVENCIONAL		
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO:	DER

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA	KM 0+634.00
MUESTRA	: M - 01 (Muestreo por el cliente)	CLASF. (SUCS)	: SP
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO):	A-1-b(0)

METODO DE COMPACTACION : A

FECHA DE ENSAYO: 27/12/2021

Peso suelo + molde	gr	3318.0	3431.0	3550.0	3437.0		
Peso molde	gr	1632.0	1632.0	1632.0	1632.0		
Peso suelo húmedo compactado	gr	1686.0	1799.0	1918.0	1805.0		
Volumen del molde	cm ³	940.0	940.0	940.0	940.0		
Peso volumétrico húmedo	gr	1.794	1.914	2.040	1.920		
Recipiente N°		A-1	A-2	A-3	A-4		
Peso del suelo húmedo+tara	gr	121.0	135.0	164.0	137.0		
Peso del suelo seco + tara	gr	111.0	123.0	147.0	122.0		
Tara	gr	15.0	14.0	15.0	16.0		
Peso de agua	gr	10.0	12.0	17.0	15.0		
Peso del suelo seco	gr	96.0	109.0	132.0	106.0		
Contenido de agua	%	10.42	11.01	12.88	14.15		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.624	1.724	1.808	1.682		
						Densidad máxima (gr/cm ³)	1.818
						Humedad óptima (%)	12.40




RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO
(ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCORSAC@GMAIL.COM

 **ANCCOR S.A.C.**
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS


Ing. Carlos A. Ancassi Rojas
CIP 148881
Especialista Mecánica de Suelos



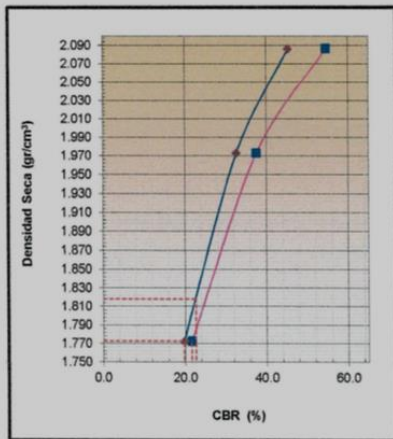
c. Relación de soporte de califórnica (C.B.R.)

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : FV DIC 21
		Fecha de Emis. : 27/12/21
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : N.L.C.Z.
		Revisado por : C.A.A.R.
		Certificado N° : N 05 - 21

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS - COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"	
CLIENTE : BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA	
MATERIAL : CONVENCIONAL	
UBICACIÓN : QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO: DER

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA : C-01	PROGRESIVA : KM 0+634.00
MUESTRA : M-001	CLASF. (SUCS) : SP
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO) : A-1-b(0)



METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.82
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 12.40
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.727

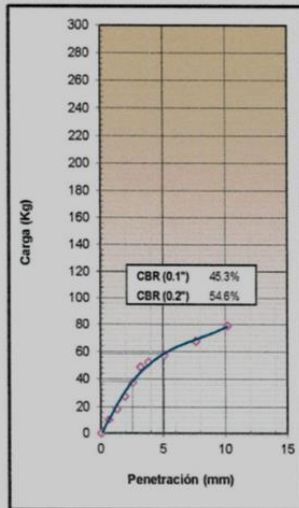
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	22.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	15.3

RESULTADOS:

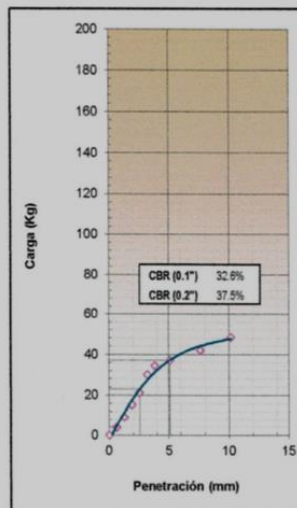
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	22.6 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	15.3 (%)

OBSERVACIONES:

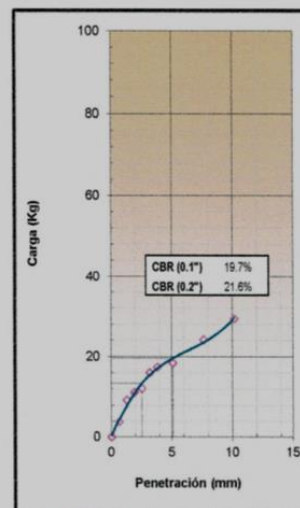
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: Av. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO
(ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCORSAD@GMAIL.COM


ANCCOR SAC.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Carlos A. Ancasí Rojas
Ing. Carlos A. Ancasí Rojas
CIP 148981
Especialista Mecánica de Suelos



- ✓ **Límites de consistencia, Proctor modificado, CBR., con adición de aceite sulfonado al 2%.**

a. **Material convencional con aceite sulfonado del 2%. – LL,LP, IP**

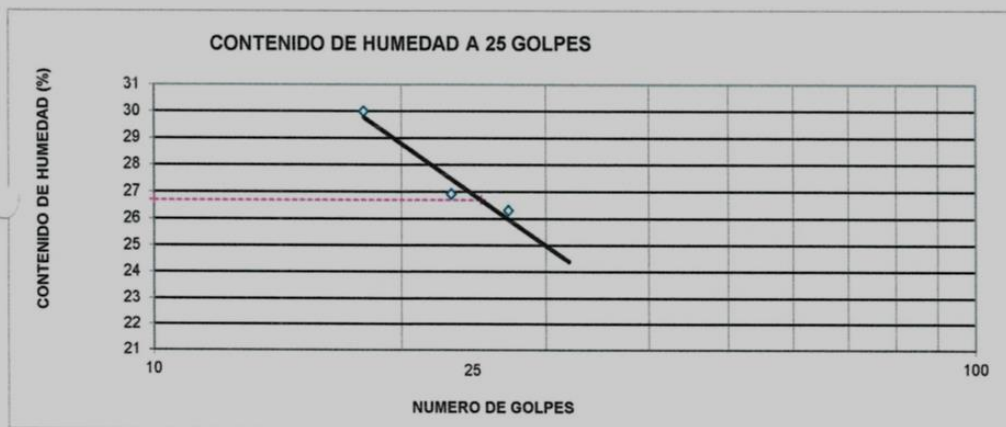
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: FV DIC 21
		Fecha de Emisión	: 27/12/2021
		Páginas	: 01 de 01
		Realizado por	: N.L.C.Z.
		Revisado por	: C.A.A.R.
		Certificado N°	: N 07-22

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N°40
(NORMA MTC E-110, E-111, E-202 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS – COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"		
CLIENTE	: BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA		
MATERIAL	: ADICION DE ACEITE SULFONADO AL 2%		
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO:	DER

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA	KM 0+634.00
MUESTRA	: M - 01 (Muestreo por el cliente)	CLASF. (SUCS)	SP
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO)	A-1-b(0)

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N° 200							
N° TARRO	Und	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Promedio
		1	2	3	7	8	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	38.00	48.00	40.00	22.00	22.00	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	33.00	41.00	34.00	21.00	21.00	
PESO DE AGUA	(g)	5.00	7.00	6.00	1.0	1.0	
PESO DEL TARRO	(g)	14.00	15.00	14.00	14.00	14.00	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.0	26.0	20.0	7.0	7.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.3	26.9	30.0	14.3	14.3	14
NUMERO DE GOLPES	-	27	23	18	-	-	-



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	27
LIMITE PLASTICO	14
INDICE DE PLASTICIDAD	13


RUC: 20608578189
 DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO (ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
 TEL.: 974222748 - (064)602348
 ANCCORSAC@GMAIL.COM

 **ANCCOR SAC.**
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
 CONCRETO Y PAVIMENTOS


Ing. Carlos A. Ancasí Rojas
 CIP 148881
 Especialista Mecánica de Suelos



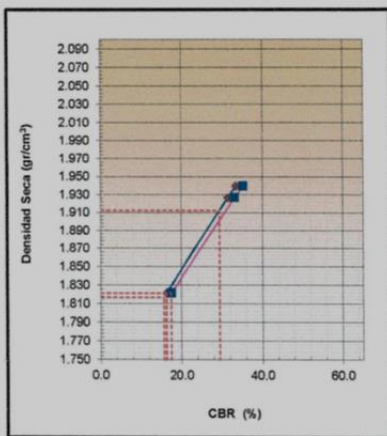
c. Relación de soporte de califórnica (C.B.R.) con aceite sulfonado del 2%.

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : FV DIC 21
		Fecha de Emis. : 27/12/21
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : N.L.C.Z.
		Revisado por : C.A.A.R.
	Certificado N° : N 07-21	

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS - COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"	
CLIENTE	: BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA	
MATERIAL	: ADICION DE ACEITE SULFONADO AL 2%	
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO: DER

DATOS DE LA MUESTRA		
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA : KM 0+634.00
MUESTRA	: M-001	CLASF. (SUCS) : SP
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO) : A-1-b(0)



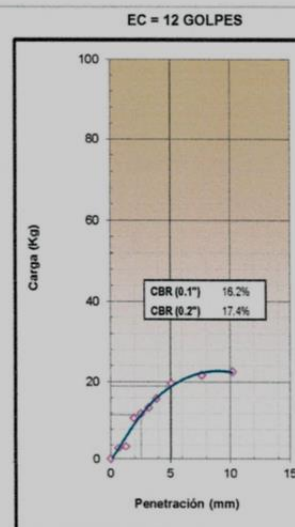
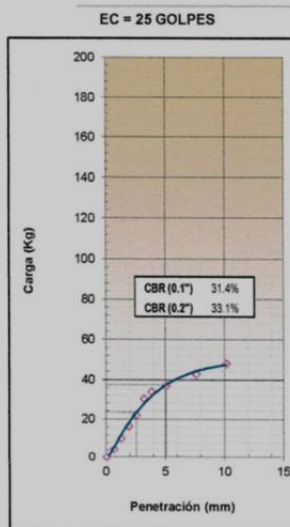
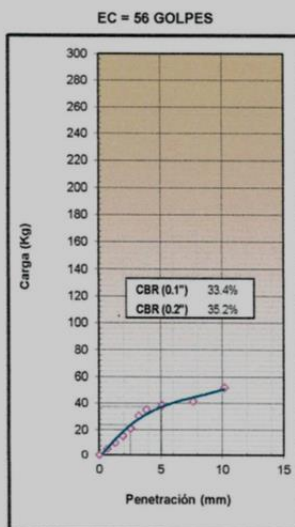
METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.91
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 10.34
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.817

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	29.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	15.5

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	29.3 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	15.5 (%)

OBSERVACIONES:



RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: Av. GENERAL CORDOYA # 322 CHILCA - HUANCAYO
(ALTIURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCORSA@GMAIL.COM



ANCCOR SAC.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Carlos A. Ancas Rojas
CIP 148881
Especialista Mecánica de Suelos



- ✓ **Límites de consistencia, Proctor modificado, CBR., con adición de aceite sulfonado al 4%.**

a. Material convencional con aceite sulfonado del 4%. – LL, LP, IP

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: FV DIC 21
		Fecha de Emisión	: 03/01/2022
		Páginas	: 01 de 01
		Realizado por	: N.L.C.Z.
		Revisado por	: C.A.A.R.
		Certificado N°	: N 08-22

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N°40
(NORMA MTC E-110, E-111, E-202 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS – COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"		
CLIENTE	: BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA		
MATERIAL	: ADICION DE ACEITE SULFONADO AL 4%		
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO:	DER

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA	KM 0+634.00
MUESTRA	: M - 01 (Muestreo por el cliente)	CLASF. (SUCS)	SP
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO)	A-1-b(0)

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N° 200							
N° TARRO	Und	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Promedio
		1	2	3	4	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	48.00	52.00	50.00	20.00	21.00	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	41.00	44.00	42.00	19.00	20.00	
PESO DE AGUA	(g)	7.00	8.00	8.00	1.0	1.0	
PESO DEL TARRO	(g)	16.00	15.00	14.00	14.00	14.00	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	25.0	29.0	28.0	5.0	6.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	28.0	27.6	28.6	20.0	16.7	18
NUMERO DE GOLPES	-	27	24	15	-	-	-



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	28
LIMITE PLASTICO	18
INDICE DE PLASTICIDAD	10


RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CÓRDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO (ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCORSAC@GMAIL.COM

 **ANCCOR SAC.**
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS


Ing. Carlos A. Ancasí Rojas
CIP 148881
Especialista Mecánica de Suelos



b. Proctor modificado – material con aceite sulfonado del 4%.

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : AC DIC 21
		Fecha de Ems. : 03/01/22
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : N.L.C.Z.
		Revisado por : C.A.A.R.
		Certificado N° : N 01 - 22

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS – COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"		
CLIENTE	: BACH. FRANZ G. VALDEZ POMALAZA		
MATERIAL	: ADICION DE ACEITE SULFONADO AL 4%		
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO:	DER

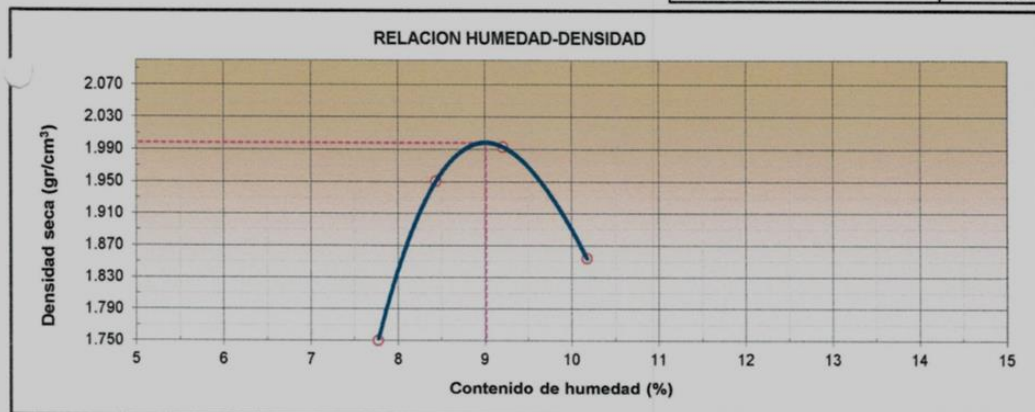
DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA	KM 0+634.00
MUESTRA	: M - 01 (Muestreo por el cliente)	CLASF. (SUCS)	: SP
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO):	A-1-b(0)

METODO DE COMPACTACION : A

FECHA DE ENSAYO: 03/01/2022

Peso suelo + molde	gr	3405.0	3620.0	3678.0	3552.0
Peso molde	gr	1632.0	1632.0	1632.0	1632.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1773.0	1988.0	2046.0	1920.0
Volumen del molde	cm ³	940.0	940.0	940.0	940.0
Peso volumétrico húmedo	gr	1.886	2.115	2.177	2.043
Recipiente N°		A-5	A-6	A-7	A-8
Peso del suelo húmedo+tara	gr	489.5	531.3	562.1	530.5
Peso del suelo seco + tara	gr	457.5	493.4	521.9	485.8
Tara	gr	45.7	44.2	85.4	46.4
Peso de agua	gr	32.0	37.9	40.2	44.7
Peso del suelo seco	gr	411.8	449.2	436.5	439.4
Contenido de agua	%	7.77	8.44	9.21	10.17
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.750	1.950	1.993	1.854

Densidad máxima (gr/cm ³)	1.998
Humedad óptima (%)	9.01




RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO
(ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCORSAC@GMAIL.COM

 **ANCCOR SAC.**
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS


Ing. Carlos A. Ancasí Rojas
CIP 146881
Especialista Mecánica de Suelos



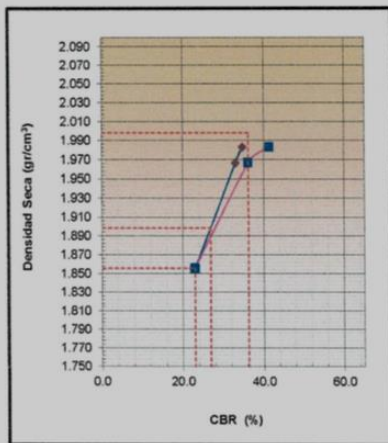
c. Relación de soporte de califórnica (C.B.R.) con aceite sulfonado del 4%.

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : FV DIC 21
		Fecha de Emis. : 03/01/22
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : N.L.C.Z.
		Revisado por : C.A.A.R.
		Certificado N° : N 02-22

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS - COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"	
CLIENTE	: BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA	
MATERIAL	: ADICION DE ACEITE SULFONADO AL 4%	
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO: DER

DATOS DE LA MUESTRA		
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA : : KM 0+634.00
MUESTRA	: M-001	CLASF. (SUCS) : SP
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO) : A-1-b(0)



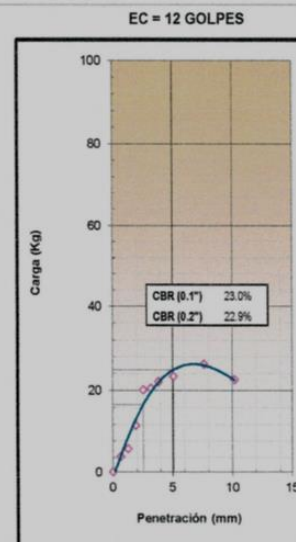
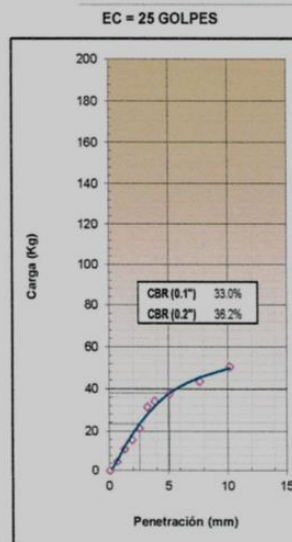
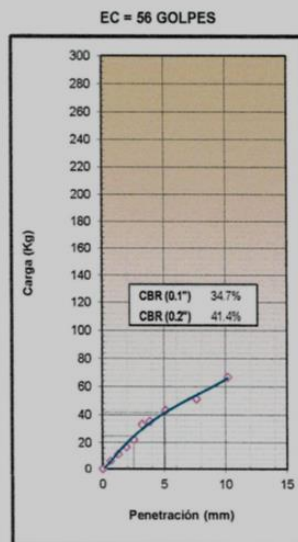
METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.00
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 9.01
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.898

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	36.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	26.9

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	36.3 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	26.9 (%)

OBSERVACIONES:



RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO
(ALTIURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCORSAC@GMAIL.COM



ANCCOR SAC.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS


Ing. Carlos A. Ancasí Rojas
CIP 148981
Especialista Mecánica de Suelos



- ✓ **Límites de consistencia, Proctor modificado, CBR., con adición de aceite sulfonado al 6 %.**

a. Material convencional con aceite sulfonado del 6%. – LL, LP, IP

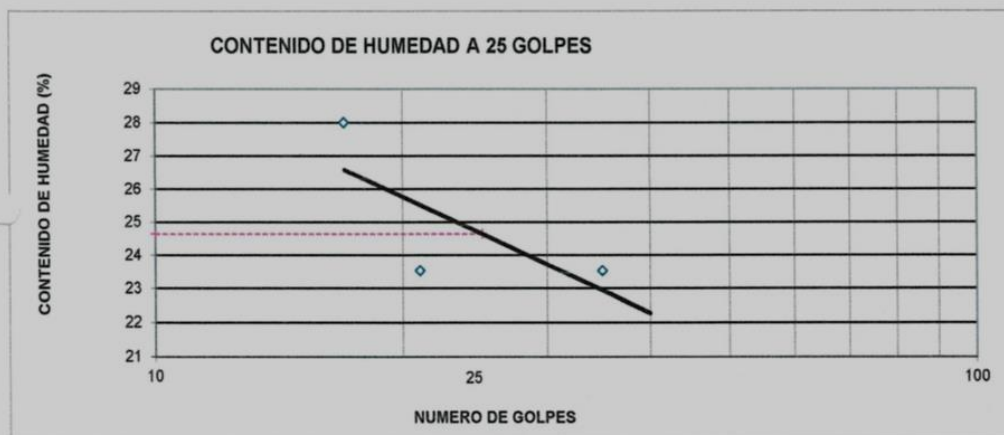
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: FV DIC 21
		Fecha de Emisión	: 03/01/2022
		Páginas	: 01 de 01
		Realizado por	: N.L.C.Z.
		Revisado por	: C.A.A.R.
		Certificado N°	: N 09-22

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N°40
(NORMA MTC E-110, E-111, E-202 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS – COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"		
CLIENTE	: BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA		
MATERIAL	: ADICION DE ACEITE SULFONADO AL 6%		
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO:	DER

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA	KM 0+634.00
MUESTRA	: M - 01 (Muestreo por el cliente)	CLASF. (SUCS)	SP
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHT)	A-2-4(0)

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N° 200							
N° TARRO	Und	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Promedio
		1	2	3	6	7	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	35.00	36.00	46.00	22.00	44.00	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	31.00	32.00	39.00	21.00	43.00	
PESO DE AGUA	(g)	4.00	4.00	7.00	1.0	1.0	
PESO DEL TARRO	(g)	14.00	15.00	14.00	16.00	36.00	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	17.0	17.0	25.0	5.0	7.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.5	23.5	28.0	20.0	14.3	17
NUMERO DE GOLPES	-	35	21	17	-	-	-



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	25
LIMITE PLASTICO	17
INDICE DE PLASTICIDAD	8


RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO (ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCORSAC@GMAIL.COM


ANCCOR SAC.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS


Ing. Carlos A. Anccasi Rojas
CIP 148861
Especialista Mecánica de Suelos



b. Proctor modificado – material con aceite sulfonado del 6%.

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS		Informe N° : AC DIC 21
			Fecha de Ems. : 03/01/22
			Páginas : 01 de 01
			Realizado por : N.L.C.Z.
			Revisado por : C.A.A.R.
			Certificado N° : N 03 - 22

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS - COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"		
CLIENTE	: BACH. FRANZ G. VALDEZ POMALAZA		
MATERIAL	: ADICION DE ACEITE SULFONADO AL 6%		
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO:	DER

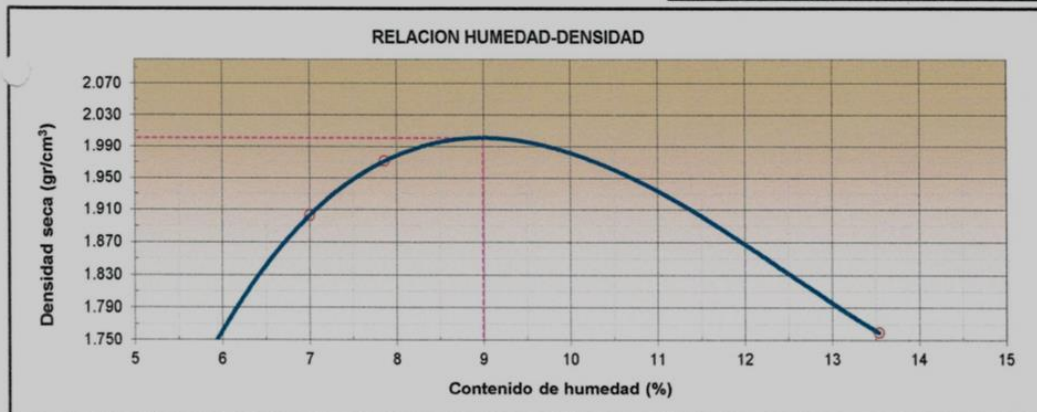
DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA	KM 0+634.00
MUESTRA	: M - 01 (Muestreo por el cliente)	CLASF. (SUCS)	: SP
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO):	A-2-4(0)

METODO DE COMPACTACION : A

FECHA DE ENSAYO: 03/01/2022

Peso suelo + molde	gr	3300.0	3546.0	3631.0	3510.0
Peso molde	gr	1632.0	1632.0	1632.0	1632.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1668.0	1914.0	1999.0	1878.0
Volumen del molde	cm ³	940.0	940.0	940.0	940.0
Peso volumétrico húmedo	gr	1.774	2.036	2.127	1.998
Recipiente N°		A-1	A-2	A-3	A-4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	299.0	409.8	399.0	413.0
Peso del suelo seco + tara	gr	287.0	386.0	373.2	369.0
Tara	gr	72.0	46.0	45.0	44.0
Peso de agua	gr	12.0	23.8	25.8	44.0
Peso del suelo seco	gr	215.0	340.0	328.2	325.0
Contenido de agua	%	5.58	7.00	7.86	13.54
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.681	1.903	1.972	1.760

Densidad máxima (gr/cm ³)	2.001
Humedad óptima (%)	8.99




RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: AV. GENERAL GÓRDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO
(ALTA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCORSAC@GMAIL.COM

 **ANCCOR SAC.**
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETOS Y PAVIMENTOS


Ing. Carlos A. Ancasí Rojas
CIP 148831
Especialista Mecánica de Suelos



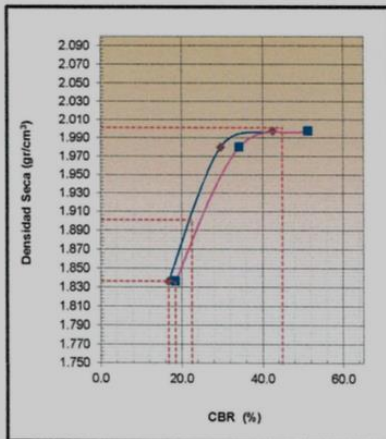
c. Relación de soporte de califórnica (C.B.R.) con aceite sulfonado del 6%.

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : FV DIC 21
		Fecha de Emis. : 03/01/22
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : N.L.C.Z.
		Revisado por : C.A.A.R.
		Certificado N° : N 04-22

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS - COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"	
CLIENTE	: BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA	
MATERIAL	: ADICION DE ACEITE SULFONADO AL 6%	
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO: DER

DATOS DE LA MUESTRA		
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA : : KM 0+634.00
MUESTRA	: M-001	CLASF. (SUCS) : SP
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO) : A-2-4(0)



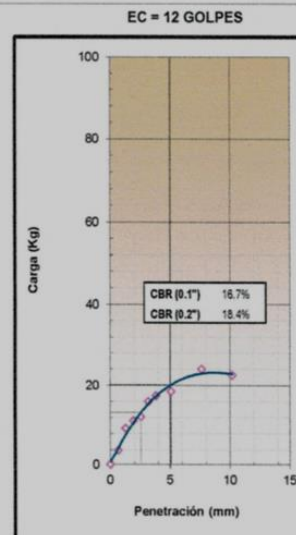
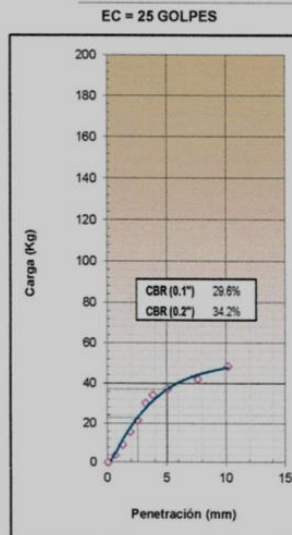
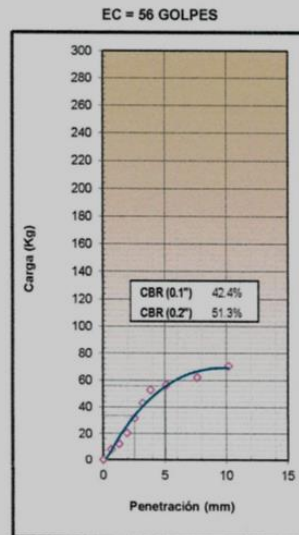
METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 2.00
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 8.99
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.901

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	44.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	22.5

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	44.9 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	22.5 (%)

OBSERVACIONES:



RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO
(ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCORSAC@GMAIL.COM



ANCCOR SAC.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Carlos A. Ancosi Rojas
 CIP 148861
 Especialista Mecanica de Suelos



- ✓ **Límites de consistencia, Proctor modificado, CBR., con adición de aceite sulfonado al 8%.**

a. Material convencional con aceite sulfonado del 8%. – LL, LP, IP

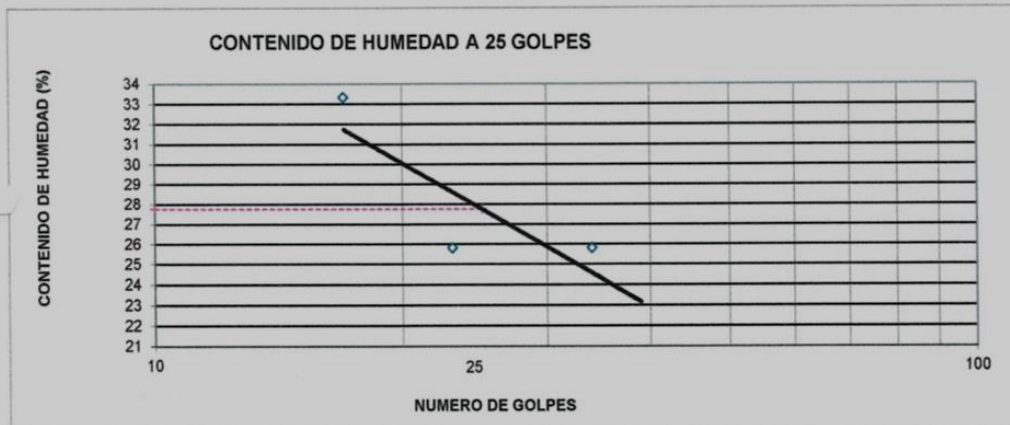
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N°	: FV DIC 21
		Fecha de Emisión	: 03/01/2022
		Páginas	: 01 de 01
		Realizado por	: N.L.C.Z.
		Revisado por	: C.A.A.R.
		Certificado N°	: N 10-22

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N°40
(NORMA MTC E-110, E-111, E-202 AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS – COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"		
CLIENTE	: BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA		
MATERIAL	: ADICION DE ACEITE SULFONADO AL 8%		
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO:	DER

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA	KM 0+634.00
MUESTRA	: M - 01 (Muestreo por el cliente)	CLASF. (SUCS)	SP
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHT)	(A-1-b(0))

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N° 200							
N° TARRO	Und	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Promedio
		1	2	3	4	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	53.00	53.00	46.00	23.00	21.00	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.00	45.00	38.00	21.00	20.00	
PESO DE AGUA	(g)	8.00	8.00	8.00	2.0	1.0	
PESO DEL TARRO	(g)	14.00	14.00	14.00	14.00	13.00	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	31.0	31.0	24.0	7.0	7.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.8	25.8	33.3	28.6	14.3	21
NUMERO DE GOLPES	-	34	23	17	-	-	-



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	28
LIMITE PLASTICO	21
INDICE DE PLASTICIDAD	7


RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO (ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCORSAC@GMAIL.COM


ANCCOR SAC.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Carlos A. Ancasí Rojas
 CIP 148891
 Especialista Mecánica de Suelos



b. Proctor modificado – material con aceite sulfonado del 8%.

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : FV DIC 21
		Fecha de Ems. : 03/01/22
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : N.L.C.Z.
		Revisado por : C.A.A.R.
		Certificado N° : N 05 - 22

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO	: TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS – COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"		
CLIENTE	: BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA		
MATERIAL	: ADICION DE ACEITE SULFONADO AL 8%		
UBICACIÓN	: QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO:	DER

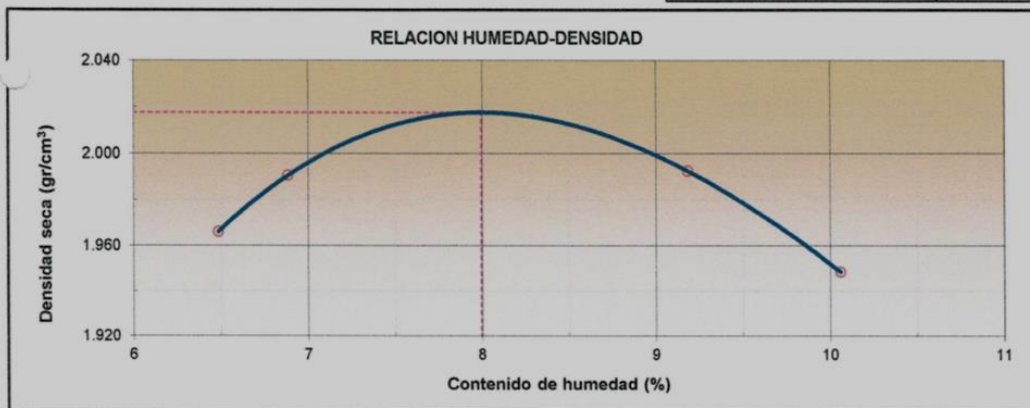
DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-01	PROGRESIVA	KM 0+634.00
MUESTRA	: M - 01 (Muestreo por el cliente)	CLASF. (SUCS)	: SP
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO):	A-1-b(0)

METODO DE COMPACTACION : A

FECHA DE ENSAYO: 03/01/2022

Peso suelo + molde	gr	3600.0	3632.0	3677.0	3648.0
Peso molde	gr	1632.0	1632.0	1632.0	1632.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1968.0	2000.0	2045.0	2016.0
Volumen del molde	cm ³	940.0	940.0	940.0	940.0
Peso volumétrico húmedo	gr	2.094	2.128	2.176	2.145
Recipiente N°		A-9	A-10	A-11	A-12
Peso del suelo húmedo+tara	gr	410.9	309.4	419.6	339.2
Peso del suelo seco + tara	gr	388.5	292.5	388.6	312.4
Tara	gr	43.0	47.0	51.0	46.0
Peso de agua	gr	22.4	16.9	31.0	26.8
Peso del suelo seco	gr	345.5	245.5	337.6	266.4
Contenido de agua	%	6.48	6.88	9.18	10.06
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.966	1.991	1.993	1.949

Densidad máxima (gr/cm³) : 2.018
Humedad óptima (%) : 8.00




RUC: 20608578189
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOBA # 322 CHILCA - HUANCAYO
(ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
TELF.: 974222748 - (064)602348
ANCCORSAC@GMAIL.COM

 **ANCCOR SAC.**
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS


Ing. Carlos A. Ancas Rojas
CIP 148881
Especialista Mecánica de Suelos



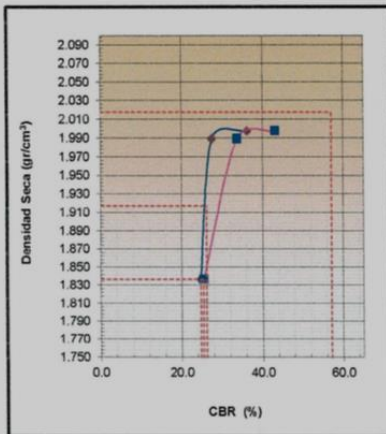
c. Relación de soporte de califórnica (C.B.R.) con aceite sulfonado del 8%.

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Informe N° : FV DIC 21
		Fecha de Emis. : 03/01/22
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : N.L.C.Z.
		Revisado por : C.A.A.R.
		Certificado N° : N 06-22

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : TESIS "EL ACEITE SULFONADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN EL TRAMO QUILCAS - COLPAR DE LA PROVINCIA HUANCAYO"	
CLIENTE : BACH. FRANK G. VALDEZ POMALAZA	
MATERIAL : ADICION DE ACEITE SULFONADO AL 8%	
UBICACIÓN : QUILCAS - COLPAR - HUANCAYO	LADO: DER

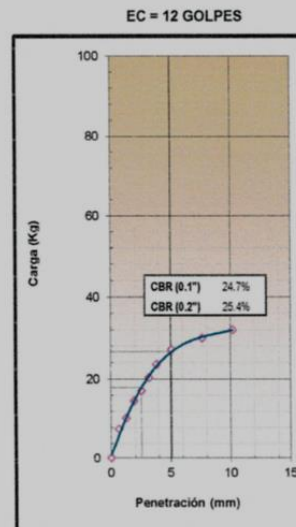
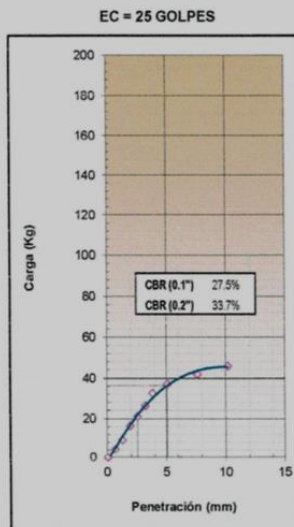
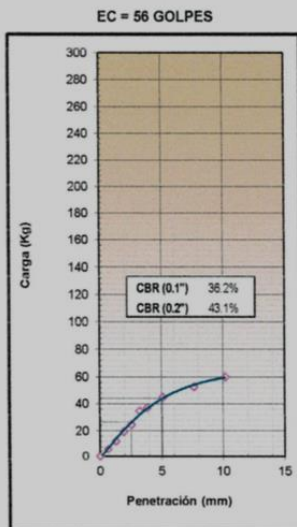
DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA : C-01	PROGRESIVA : KM 0+634.00
MUESTRA : M-001	CLASF. (SUCS) : SP
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO) : A-1-b(0)



C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	57.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	26.2

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 57.0 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 26.2 (%)

OBSERVACIONES:



RUC: 20608578189
 DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO
 (ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).
 TEL.F.: 974222748 - (064)602348
 ANCCORSAC@GMAIL.COM


ANCCOR SAC.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
 CONCRETO Y PAVIMENTOS


Ing. Carlos A. Ancossi Rojas
 CIP 148881
 Especialista Mecánica de Suelos



- **Panel fotográfico**

Situación actual de la carretera Quilcas - Colpar; el cual tiene daños en la superficie afirmada que ocasionan baches a los vehículos, estas son ocasionadas por erosiones de las lluvias.



Fuente: Trabajo de campo

Conteo vehicular, se observa el transporte público y transporte particular



Fuente: Trabajo de campo

En el conteo vehicular hay presencia de vehículos pesados que ingresan al centro poblado de Colpar.



Fuente: Trabajo de campo

Conteo de vehículo a horas de las 6:00 pm



Fuente: Trabajo de campo

Realizando los ensayos en el laboratorio



Fuente: Trabajo de campo

Ensayo de Proctor y CBR en el laboratorio con los porcentajes determinados



Fuente: Trabajo de campo

Conteo vehicular en la noche.



Fuente: Trabajo de campo

Realizando la calicata N° 01 correspondiente para la extracción de material y luego proceder al traslado del laboratorio.



Fuente: Trabajo de campo

- **Ficha técnica del producto**

PERMA-ROAD



FICHA TÉCNICA

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Perma-Road Iónico es un estabilizador químico (aceite sulfonado) de suelos, formulado con complejos ionizantes asociados a elementos intercambiadores. Todo ello, incorporado a un medio oleoso miscible en agua, cuya función es sellar las partículas de suelo estabilizado. Perma-Road Iónico libera el agua retenida por adsorción química en las partículas del suelo, mediante la ruptura de los enlaces electroquímicos que la producen. Permite así su reemplazo por iones más fuertes y estables provistos por el estabilizador y los movilizados presentes en el propio suelo. Conjuntamente con ello anula la bipolaridad de las partículas, permitiendo su estrecho contacto, reduciendo los espacios antes ocupados por el agua de adsorción que en estado molecular es percolada y/o evaporada.

CARACTERÍSTICAS

PermaRoad Iónico	Resultados
Sólidos Activos (Secado a 110°C máximo)	Min. 23%
PH	1.0 +/- 0.15
Índice de Viscosidad cps (a 25°C) (Coaxial Rion - Rotor 3 - Bajo rango, Modelo VA-04)	300 ± 100
Peso específico a 25°C	1,0 ± 0,15
Estado Físico	Líquido
Color	Marrón
Totalmente dispersable en agua	
No inflamable	
No corrosivo	
No produce vapores dañinos	

BENEFICIOS TÉCNICOS

PermaRoad Iónico modifica positiva e irreversiblemente las constantes físicas del suelo:

- Aumenta la densidad
- Aumenta el valor soporte (CBR)
- Aumenta la resistencia a la compresión
- Disminuye la expansión de los materiales
- Disminuye la Plasticidad
- Aumenta la resistencia al agua

- **Certificado de control ambiental**

PERMA-ROAD



HOJA DE SEGURIDAD (MSDS)

1/3

1. Identificación del producto y del proveedor	
Nombre del producto:	<i>PermaRoad Iónico (aceite sulfonado)</i>
Uso:	Agente estabilizador iónico de suelos para uso vial.
Proveedor:	Biobac Perú Eirl
Teléfono emergencia:	992-104-298
2. Composición / Ingredientes	
Nombre químico:	Complejo Químico derivado de ácidos orgánicos. Orgánico
Fórmula química:	R-SO ₃ H
3. Identificación de riesgos	
a) Peligros para la salud de las personas: No ingerir.	
b) Peligros para el medio ambiente: Riesgos físicos y químicos: No presenta ningún riesgo en particular bajo condiciones de uso normales.	
c) Peligros especiales del producto y tratamiento de emergencias: No presenta ningún riesgo físico y químico en particular bajo condiciones de uso normales.	
4. Medidas de primeros auxilios	
En caso de contacto accidental con el producto, proceda de acuerdo a las siguientes indicaciones:	
! Contacto con los ojos: En caso de contacto con los ojos, lave con abundante agua.	
! Contacto con la piel: Lave con abundante agua y jabón.	
5. Medidas para lucha contra el fuego	
! Medios de Extinción apropiados: No inflamable. En caso de incendio general, se aconseja utilizar arena y/o agua.	
6. Medidas para controlar derrames o fugas	
! Medidas de emergencia ante derrame: Evite el contacto con la piel y los ojos.	
! Equipo de protección personal para atacar la emergencia: no es necesario.	
! Precauciones a tomar para evitar daños al ambiente: El producto es Biodegradable.	
! Métodos de limpieza: Abundante agua.	
! Método de eliminación de desechos: Lavado con abundante agua.	
7. Manipulación y almacenamiento	
! Recomendaciones técnicas: Incompatibilidad con Alcalis y agentes oxidantes.	
! Precauciones a tomar: Ninguna	
! Recomendaciones sobre manipulación segura, específicas: Ninguna	
! Condiciones de almacenamiento: Evitar lugares con elevadas temperaturas. Mantener el tambor cerrado mientras no está en uso.	

PERMA-ROAD



HOJA DE SEGURIDAD (MSDS)

8. Control de exposición / protección personal	
! Protección respiratoria: No se requiere	
! Guantes de protección: En casos de pieles sensibles, utilizar guantes con el producto sin diluir.	
! Protección de la vista: No irrita los ojos, pero se recomienda el uso de anteojos de seguridad.	2/3
! Otras medidas de protección: Lave con agua. Ducha de seguridad.	
9. Propiedades físicas y químicas	
! Estado físico	Líquido
! Apariencia y color	Marrón
! Olor	Característico
! pH	1.0 +/- 0.15 (a 25°C)
! Punto de Ebullición	100°C +/- 3°C
! Punto de Inflamación	No es aplicable
! Peso específico	1.0 +/- 0.15 Kg/l (a 25°C)
! T° Auto inflamación	No es aplicable
! Presión de Vapor	+1
! Solubilidad - en agua	100%
10. Estabilidad y reactividad	
Condiciones que deben evitarse	No presenta reacciones peligrosas bajo condiciones normales de uso. Consulte referencias técnicas.
Incompatibilidad (materias primas que deben evitarse)	Álcalis y agentes oxidantes.
11. Información toxicológica	
Toxicidad aguda por ingestión: LD ₅₀ >5000 mg/kg de acuerdo a la instrucción 93/21/EEC, en relación a la potencial toxicidad vía oral, PermaRoad se clasifica como no tóxico.	
12. Información ecológica	
! Producto biodegradable a las soluciones utilizadas.	
13. Consideraciones sobre disposición final	
! Método de eliminación del producto en los residuos: Lavado con abundante agua	
! Eliminación de envases / embalajes contaminados: Lavado con abundante agua	
14. Información sobre transporte	
Regulaciones internacionales:	
! Vía terrestre: Ferrocarril / caminos (RID/ADR): No está regulado	
! Vía marítima (Código IMDG): No está regulado	
! Vía aérea (OACI-IT/IATA-DGR): No está regulado	

PERMA-ROAD



HOJA DE SEGURIDAD (MSDS)

3/3

15. Normas vigentes

Marca en etiqueta: Rótulo EEC: No está regulado

16. Otras informaciones

Fecha actualización: **Enero 2015**. El contenido y formato de esta hoja de seguridad están de acuerdo a la instrucción 91/155/EEC de la comisión EEC.

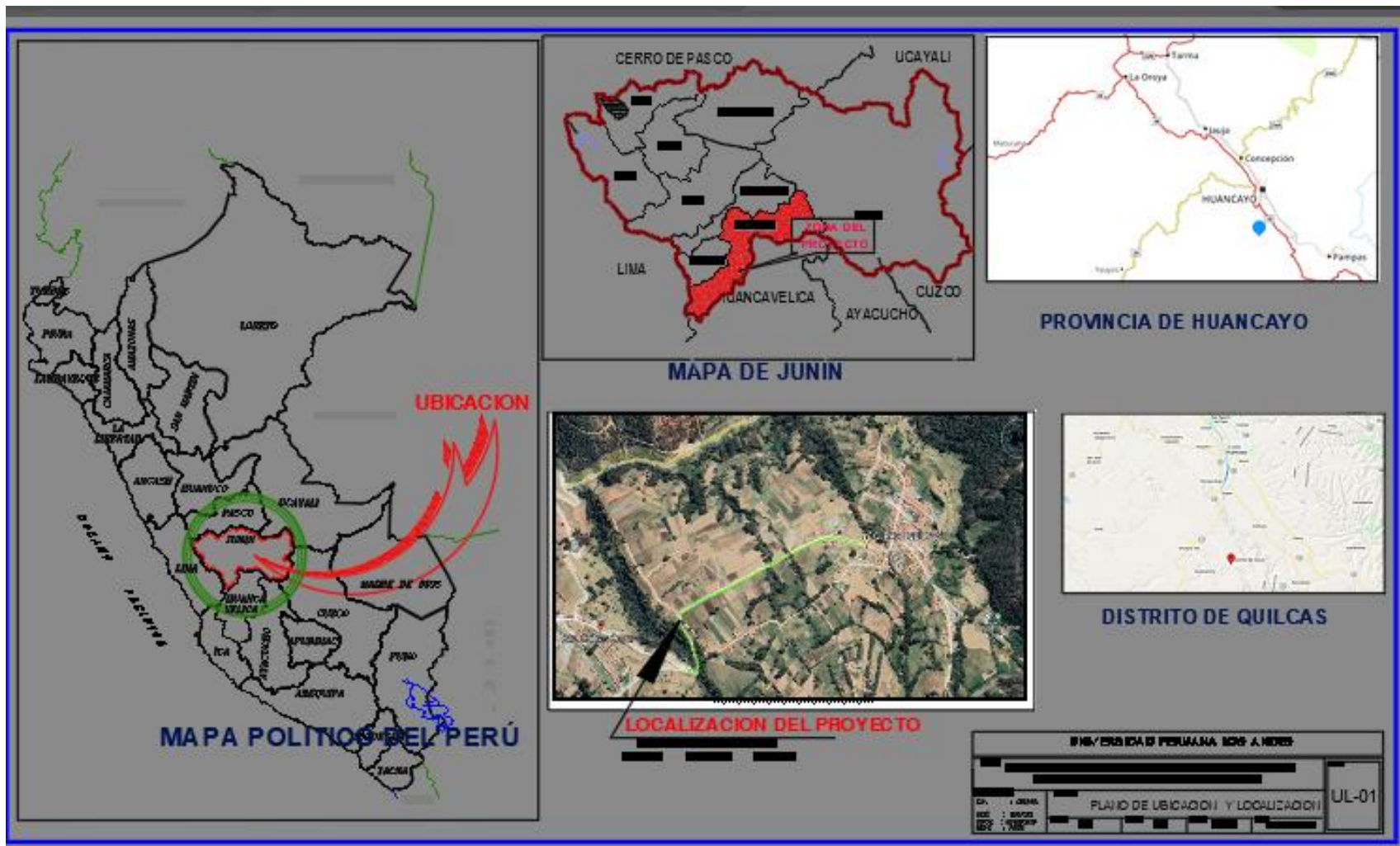
La información de esta hoja corresponde al nivel real de nuestro conocimiento.

Esta información no es una especificación del producto y no se puede usar como base para uso contractual.

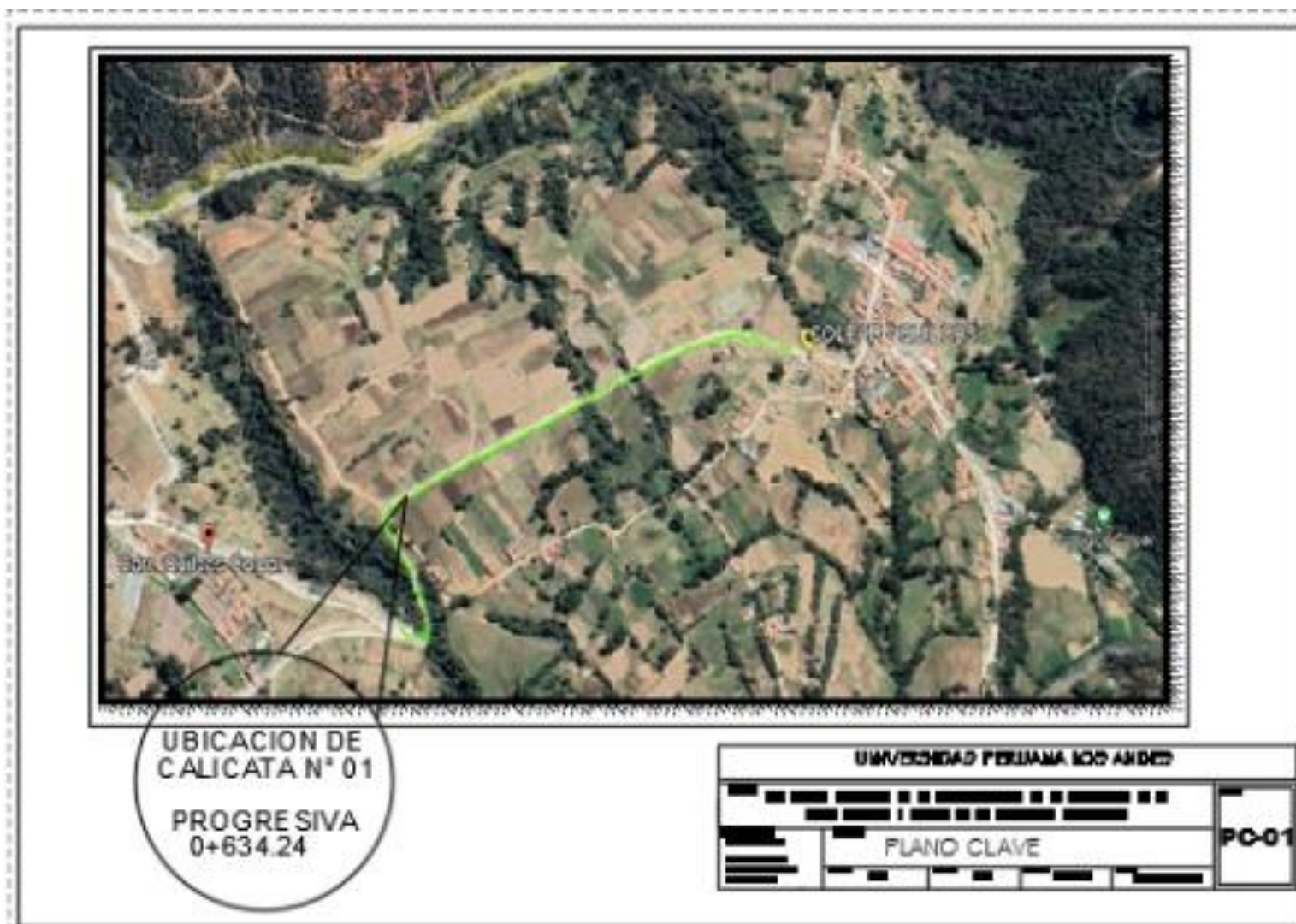
El usuario de este producto es responsable del seguimiento de las leyes e instrucciones vigentes.

- **planos**

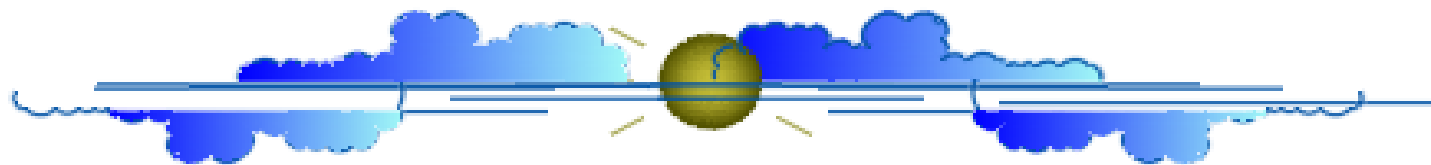
✓ **Plano de ubicación y localización**



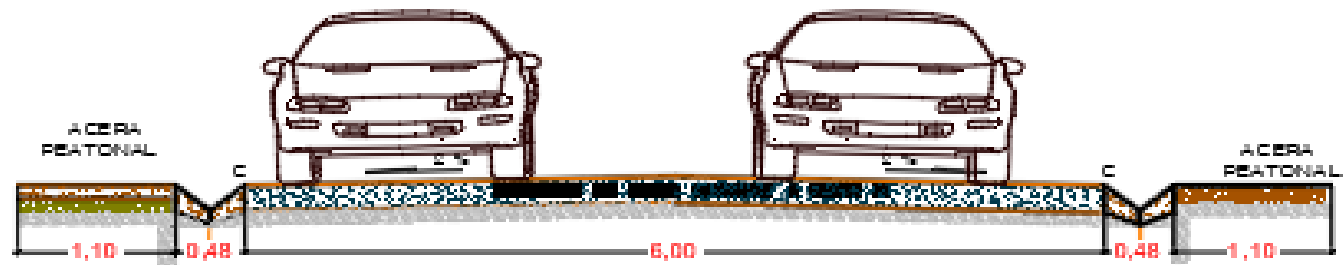
✓ **Plano clave de la vía**



- ✓ **Plano del paquete estructural. Sin utilización del aceite sulfonado**



TRAMO QUILCAS COLPAR
PROGRESIVA: 0+648.32



SECCION TÍPICA A-A

S/C: S.E.

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES		PS-01
PLANO DE SECCION TIPICA		

✓ **Plano del paquete estructural utilizando el aceite sulfonado.**

