

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

COMPARACION ENTRE LAS INFLUENCIAS DE
CAL HIDRATADA Y ADITIVO QUIM KD-40 PARA
ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS
COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS
FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Br. Edson Wilmer Tantaquilla Otiniano

Br. Freiser Anderzon Valdivia Julca

Asesor:

Ing. Germán Sagastegui Vásquez

Trujillo - Perú

2019



DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante en mi formación profesional, de seguir a delante dia a dia y por haberme puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte de compañía durante el periodo de estudios.

A mis padres, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de los logros se los debo a ustedes, en el que incluyo este también. Me formaron con reglas y con un cariño incondicional, me motivaron con constancia para alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindó dia a dia en todo el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

A todos mis docentes de la carrera por inculcarme de la mejor manera todos los conocimientos necesarios para mi formación como profesional.

AGRADECIMIENTO

A mis padres:

Que gracias a sus consejos y palabras de aliento me han ayudado a crecer como persona y a luchar día a día para lograr mis objetivos y por su gran confianza que siempre tuvieron en mí, gracias por enseñarme valores que me han llevado a alcanzar una gran meta. Los amo mucho.

A mis hermanos:

Gracias por su apoyo, cariño, comprensión y por siempre estar en los momentos más importantes de mi vida. Este logro también es para ustedes.

Expreso mi agradecimiento profundo a mi asesor, el Ing., German Sagastegui Vásquez que me brindo valiosos consejos a lo largo del desarrollo de la tesis y me animo en todo momento con su generosa perseverancia.

Mi agradecimiento especial a la Universidad Privada del Norte “UPN”, la cual me abrió sus puertas para formarme profesionalmente

Y a todas aquellas personas que siempre estuvieron a mi lado en las buenas y en las malas apoyándome a seguir adelante.

TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE EVALUACION PARA SUSTENCTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACION DE LA TESIS	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
ÍNDICE DE GRAFICAS	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad Problemática	14
1.1.1. Realidad Problemática	14
1.2.2. Antecedentes	20
1.3.3. Bases Teóricas	24
<i>1.3.3.1. Carretera</i>	25
<i>1.3.3.2. Suelo</i>	25
<i>1.3.3.3. Límites de Atterberg</i>	30
<i>1.3.3.4. Pavimentos</i>	39
<i>1.3.3.5. Capacidad de Soporte de suelos granulares</i>	42
<i>1.3.3.6. Cal</i>	43
<i>1.3.3.7. Quim kd-40 (Cloruro de Calcio)</i>	50
1.2. Formulacon del problema	51
1.3. Objetivos	51
<i>1.3.1. Objetivo general</i>	51
<i>1.3.2. Objetivo especifico</i>	51
1.4. Hipótesis	52
<i>1.4.1. Hipótesis general</i>	52
<i>1.4.2. Hipótesis Especificas</i>	52
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	53
2.1. Tipo de investigación	53

2.1.1. Variables	53
2.1.2. Operacionalización de variables	53
2.1.3 Diseño de Investigación	53
2.2. Población y Muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	54
2.2.1. <i>Unidad de Estudio</i>	54
2.2.1. <i>Población</i>	54
2.2.2. <i>Muestra</i>	54
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	55
2.3.1. <i>Técnicas</i>	55
2.3.2. <i>Instrumentos</i>	55
2.3.3. <i>Técnicas de análisis de datos</i>	55
2.4. Procedimiento	56
2.5. Obtención de las muestras del Estudio	57
2.5.1. <i>Extracción de la muestra del suelo</i>	57
2.5.2. <i>Ensayos de laboratorio</i>	57
2.5.3. <i>Límites de Atterberg</i>	60
2.5.4. <i>Proctor Modificado</i>	63
2.5.4. <i>Ensayos CBR</i>	65
CAPÍTULO III: RESULTADOS	69
3.1. Ensayos para Clasificar el Suelo	69
3.1.1. <i>Contenido de Humedad</i>	69
3.1.2. <i>Gravedad Específica del Porcentaje que pasa la malla N°200</i>	69
3.1.3. <i>Límites de Atterberg</i>	70
3.2. Proctor Modificado del Suelo en Estado Natural	71
3.3. Ensayos CBR realizados al suelo en estado natural, con adición de Cal Hidrata y con adición del aditivo Quim Kd - 40.	74
3.3. Validación de Hipótesis mediante Análisis Estadístico	77
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	80
4.1. Discusión	80
4.2. Conclusión	88
4.2. Recomendaciones	90
REFERENCIAS	91
ANEXOS	94
Anexos n° 1: Fotografías de los Ensayos Realizados	94
Anexos n° 2: Cálculos y Resultados	111
Anexos n° 3: Certificados y Portas de Bibliografías	183

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación por demanda	22
Tabla 2: Clasificación por orografía.....	23
Tabla 3: Número de calicatas dependiendo del tipo de carretera:	25
Tabla 4: Número de ensayos Mr y CBR según el tipo de carretera.	26
Tabla 5: Tamices y aberturas para análisis granulométrico	28
Tabla 6: Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	28
Tabla 7: Clasificación de suelos según Índice de plasticidad.....	29
Tabla 8: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS	31
Tabla 9: Clasificación de Suelos Aashto	34
Tabla 10: Clasificación de CBR	36
Tabla 11: Operacionalización de variables.....	52
Tabla 12: Cantidad de ensayos CBR	53
Tabla 13: Contenido de Humedad	68
Tabla 14: Porcentaje de material obtenido en cada muestra	68
Tabla 15: Límites de las diferentes muestras.....	69
Tabla 16: Clasificación del suelo por el método SUCS	69
Tabla 17: Clasificación del suelo por el método AASHTO	70
Tabla 18: Proctor Modificado de C1	70
Tabla 19: Proctor Modificado de la C3	71
Tabla 20: Proctor Modificado de la C5	72
Tabla 21: Resumen de los ensayos CBR al 100% de la C1	74
Tabla 22: Resumen de los ensayos CBR al 100% de la C3	74
Tabla 23: Resumen de los ensayos CBR al 100% de la C5	75
Tabla 24: Resumen de los ensayos CBR al 100% de la C7	75
Tabla 25: Prueba de Normalidad de CBR+ 2% de Cal+ 2% del aditivo Quim kd-40	76
Tabla 26: Prueba de Normalidad de CBR+ 2% de Cal+ 2% del aditivo Quim kd-40	76
Tabla 27: Análisis de Homogeneidad de Varianza	76
Tabla 28: Análisis de Varianza.....	77
Tabla 29: Prueba de Turkey en comparaciones múltiples.....	78
Tabla 30: Resultados de la clasificación de suelos según los métodos de AASHTO y SUCS	82

NDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Ubicación de Lugar de estudio	55
Ilustración 2: Excavación de las Calicatas	56
Ilustración 3: Contenido de Humedad	57
Ilustración 4: Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado-Lavado Malla #200	58
Ilustración 5: Límite Líquido con Muestra Natural.....	61
Ilustración 6: Limite Plástico de Cada Muestra.	62
Ilustración 7: Ensayo de Proctor Modificado del Suelo en estado natural	63
Ilustración 8: Ensayo de CBR realizados para el suelo natural y con los dos aditivos	65
Ilustración 9: Ubicación de Lugar de estudio	93
Ilustración 10: Excavación de la Calicata N° 1 Progresiva Km 21+500.....	94
Ilustración 11: Excavación de la Calicata N° 2 Progresiva Km 22.....	94
Ilustración 12: Excavación de la Calicata N° 3 Progresiva Km 22+500.....	95
Ilustración 13: Excavación de la Calicata N° 4 Progresiva Km 23.....	95
Ilustración 14: Excavación de la Calicata N° 5 Progresiva Km 23+500.....	96
Ilustración 15: Excavación de la Calicata N° 6 Progresiva Km 24.....	96
Ilustración 16: Excavación de la Calicata N° 7 Progresiva Km 24+500.....	97
Ilustración 17: Excavación de la Calicata N° 8 Progresiva Km 25.....	97
Ilustración 18: Humedad Natural.	98
Ilustración 19: Peso Volumétrico después de salir del secado	98
Ilustración 20: Material lavado de la Malla #200.....	99
Ilustración 21: Preparando el Material para realizar el ensayo de Granulometría	99
Ilustración 22: Tesista realizando el ensayo de Granulometría.....	100
Ilustración 23: Realizando el Ensayo de Granulometría	100
Ilustración 24: Equipos para desarrollar el Ensayo de Limite Liquido	101
Ilustración 25: Muestra Empleada.....	101
Ilustración 26: Tesistas realizando el Ensayo de Limite Liquido.....	102
Ilustración 27: Ensayo de Limite Plástico de cada Muestra.....	102
Ilustración 28: Muestra para realizar el Ensayo de Proctor.....	103
Ilustración 29: Ensayo Proctor	103
Ilustración 30: Realizando el Enrazado luego de ser compactado	104
Ilustración 31: Equipos para realizar los Ensayo de CBR.....	104
Ilustración 32: Tesistas realizando los Ensayos de CBR de cada una de las Muestras.....	105
Ilustración 33: Preparando Muestra para realizar el Ensayo de CBR con Cal Hidratada .	105
Ilustración 34: Tesistas realizando la compactación de las Muestras Obtenidas	106
Ilustración 35: Muestra Compactada Lista y Enrasado	106
Ilustración 36: Preparando la Muestra para Someterlo al Agua.....	107
Ilustración 37: Primer Dia de Toma de Datos	107
Ilustración 38: Cuatro Dia de toma de datos	108
Ilustración 39: Muestra Final de los Ensayos sometidos durante 4 días al Agua.....	108
Ilustración 40: Realizando la Compresión de las Muestras.....	109
Ilustración 41: Calibración para la toma de Datos de la Muestra.....	109

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Porcentaje retenido en cada Tamiz.....	59
Ecuación 2: Porcentaje acumulado que pasa en cada Tamiz.....	59

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráficos 1: Proctor Modificado de C1	71
Gráficos 2: Proctor Modificado de C3	72
Gráficos 3: Proctor Modificado de C5	73
Gráficos 4: Contenido de humedad de las 8 calicatas.	79
Gráficos 5: Análisis granulométrico de Suelos de las 8 calicatas	80
Gráficos 6: Curva Granulométrica	80
Gráficos 7: Límites de Atterberg de las 8 calicatas.	82
Gráficos 8: Proctor Modificado del Suelo en estado natural.....	83
Gráficos 9: Muestras de los Ensayos de CBR	84
Gráficos 10: Muestra del Ensayo CBR con 2%.	86
Gráficos 11: Muestra del Ensayo CBR con 4%.	86

RESUMEN

Los beneficios económicos y sociales que generan las carreteras son enormes y en nuestro país más del 50% de sus carreteras no están pavimentadas y una de las razones para que suceda esto es que se cuenta con suelos deficientes. Es por ello que la presente investigación que se realizó en Trujillo, en la Universidad Privada del Norte, tiene como propósito determinar la influencia que tiene la cal hidratada y el aditivo Quim kd-40 para la estabilización de suelos como capa subrasante en pavimentos flexibles en el tramo Chaquilbamba-Habas Horco en la carretera Huamachuco- Cajabamba. Para la ejecución de esta tesis se utilizó un diseño de tipo experimental y el muestreo fue no probabilístico, la técnica de recolección de datos fue la observación. Esta investigación estudia 8 calicatas obtenidas a lo largo de 4 kms en el tramo Chaquilbamba-Habas Horco, a todas se realiza los ensayos para determinar el tipo de suelo, humedad, índice de plasticidad y a las C1, C3, C5 y C7 se realiza el ensayo CBR utilizando 60 especímenes, en los cuales se encuentran el suelo sin adición, suelo + 2% de cal, suelo + 2% de Quim kd-40, Suelo + 4% de cal y Suelo+ 4% de Quim kd-40 aplicando las normas técnicas peruanas, logrando determinar que el suelo que tenemos es arcilloso y que en adiciones de 2% es mejor adicionar el aditivo Quim kd-40 puesto que mejoró un CBR=3.70% a 18.27%, logrando así pasarlo de subrasante Insuficiente a subrasante Buena y en adiciones de 4% es mejor adicionar la cal ya que logró aumentar su CBR de 3.70% a 31.11%, pasándolo de una subrasante Insuficiente a una subrasante Excelente.

Palabras clave: Cal hidratada, Quimkd-40, Estabilización, Subrasante, CBR

ABSTRACT

The economic and social benefits generated by the roads are enormous and in our country more than 50% of its roads are not paved and one of the reasons for this is that there are poor soils. That is why the present investigation that was carried out in Trujillo, at the Universidad Privada del Norte, has the purpose of determining the influence that hydrated lime and the Quim kd-40 additive have for the stabilization of soils as an subgrade layer in flexible pavements in the Chaquilbamba-Habas Horco section on the Huamachuco-Cajabamba road. For the execution of this thesis an experimental type design was used and the sampling was not probabilistic, the data collection technique was the observation. This research studies 8 calicatas obtained along 4 kms in the Chaquilbamba-Habas Horco section, all tests are carried out to determine the type of soil, humidity, plasticity index and at C1, C3, C5 and C7 perform the CBR test using 60 specimens, in which the soil is added without addition, soil + 2% of lime, soil + 2% of Quim kd-40, Soil + 4% of lime and Soil + 4% of Quim kd-40 applying Peruvian technical standards, managing to determine that the soil we have is clayey and that in additions of 2% it is better to add the additive Quim kd-40 since it improved a CBR = 3.70% to 18.27%, thus managing to pass it from Insufficient subgrade to Good subgrade and in additions of 4% it is better to add lime since it managed to increase its CBR from 3.70% to 31.11%, passing it from an Insufficient subgrade to an Excellent subgrade.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Problema de Investigación

Las carretas cumplen una función crucial en nuestro país, proporcionando una mejora en el comercio y en el desarrollo del país, ya que estas nos permiten trasladar personas y cargas. Es por ello que en la construcción de carreteras es fundamental reducir lo máximo el movimiento de tierras y la utilización de materiales debido a que estas incrementan el costo de un proyecto. Entonces podemos decir que cada vez es más necesaria la utilización de materiales cómodos, accesibles y que garanticen un buen proyecto.

En Piura en una investigación que se realizó nos dice qué gracias a la aparición de nuevas tecnologías, se puede habilitar caminos con buena transitabilidad a bajo costo por un periodo de vida determinado. Una de estas nuevas tecnologías es la elaboración de bases estabilizadas con algún tipo de agente aglomerante, ya sea químico o de otra índole, que comparadas al clásico sistema de construcción de carreteras con bases y sub bases, resulta optima y rentable en el caso ya mencionado. (Atarama, 2015)

La Asociación de Productores de Cemento, menciona que en el Perú en 1922 la Av. Venezuela en Lima – Perú fue el primer pavimento ejecutado utilizando estabilización de suelos y procesos constructivos hechos en otros países; la obra más reconocida hasta el día de hoy es la Vía Expresa de Lima, obra que han perdurado por los años y han demostrado la alta durabilidad del concreto como alternativa para pavimento.

La estabilización es la elección que sirve para mejorar la capacidad portante y la calidad de los suelos, y preparar los mismos para proyectos de construcción de carreteras. Con la aportación concreta de ligantes se puede reducir el contenido en

humedad de un suelo, lo que es imprescindible para el procesamiento posterior. En comparación con la sustitución de todo el suelo, la estabilización es un método económico y respetuoso con los recursos. Ahorros de costes se generan, por ejemplo, por la logística de la obra simplificada dado que se necesitan menos viajes de los camiones y períodos de construcción más cortos. También se protegen los recursos, pues en la estabilización, el suelo ya existente se utiliza completamente y solo se añade ligante, como cal o cemento, o ambos al mismo tiempo como mezcla de ligante. (INTEREMPRESAS, 2018)

Los tratamientos de estabilización de materiales son una solución muy interesante desde el punto de vista ambiental, económico y técnico. Puede decirse que todos los suelos pueden ser estabilizados, pero eso sí la estabilización se logra mezclando otros materiales, pero puede resultar muy costoso si es que el suelo que se quiere estabilizar resulta no tener determinadas propiedades. (Hernández , 2016)

En los últimos años muchos países como Australia, EE. UU y Suecia han sido los que más aprovechan y mejoran los diferentes sistemas de transporte ya que entienden que el desarrollo económico y sustentable de un país está vinculado con vías de transporte; lo mismo pasa en países en vía de desarrollo que usan fondos de otras obras para realizar construcciones viales (Análistas Económicos de Andalucía, 2013)

La cal ayuda a transformar químicamente los suelos inestables en materiales utilizables, el uso de la cal como aglomerante en la construcción viene de antaño, pero los avances recientes en cuanto a la pureza de materiales y maquinaria con la que aplicarla ha hecho que su uso para la estabilización sea cada vez mejor. (Calcinor, 2015)

La Empresa COSAPI es la segunda empresa de ingeniería y construcción de capital nacional en el Perú; entre sus más grandes proyectos destacan la construcción y

conservación de 1,187 y 1,975 km de carreteras respectivamente desarrollo el PROYECTO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DV. IMPERIAL – PAMPAS el cual se ubica en la provincia de Tayacaja, Huancavelica; en la ejecución de la obra tuvo muchos procesos en los cuales se desarrollaron cortes, obras de drenaje, alcantarillas y lo más importante el mejoramiento y estabilización de suelos. (Góngora, 2019)

En la actualidad las alternativa contemplan el método de estabilización química, además de los mecánicos con la utilización de cal, cemento, productos asfálticos, productos con polímeros, con aceites sulfonados, con encimas así como el Quim kd-40 entre otros. Estas opciones son utilizadas para la estabilización de terracerías de caminos no pavimentados y también en la estructura del pavimento, es decir en la base y sub-base. (La Rosa, 2006)

La inestabilidad de los suelos es uno de los principales problemas que presentan las carreteras no pavimentadas, para solucionar este problema se utiliza la estabilización de suelos. Esto se logra utilizando productos químicos no tóxicos que dotan a estos suelos (carreteras) un mejor comportamiento en servicio, en el mercado existen productos que logran mejorar las propiedades del suelo y a su vez tener el menor costo posible. (Gutiérrez, 2010)

El cloruro de calcio QUIM KD-40 es un producto desarrollado a partir de la reacción química del carbonato de calcio (caliza) con el ácido clorhídrico y tiene como complemento la participación de aditivos que permiten darle al producto final la calidad requerida para cumplir eficazmente a las aplicaciones que está dirigida y se utiliza como controlador de polvos, estabilización de vías y acelerador de fraguado en el concreto. (QUIMPAC, 2015)

El Lima, en una investigación se realizó diferentes pruebas al terreno en un tramo del centro poblado Santa María de Huachipa determinó que adicionando un 2% de aditivo con respecto a su peso seco de la arena mal gradada con limo y arena su resistencia aumentó en un 27% y con 1% con respecto a su peso seco de la arena limosa con grava aumentó en un 54% de resistencia. Llegando a la conclusión que los mejores propiedades se obtienen con 2% de adición de Quim kd-40. Y para finalizar se determinó que el costo por metro cuadrado es de S/ 7.20. (La Rosa, 2006)

El Perú es un país que crece a tasas superiores al 5% pero tiene un déficit en la construcción, se dice esto a partir de que la Red Vial Nacional tiene el 40 % de sus vías sin pavimentar (Perú 21, 2014). Mientras tanto en el departamento de la Libertad sólo el 22% de sus carreteras están pavimentadas Perú ya se tiene los estudios definitivos para el mantenimiento periódico a nivel de mortero asfáltico de cuatro importantes carreteras del interior, que serán atendidas con la transferencia de 26 millones, que son: Mantenimiento de las carreteras: Bolívar – Unamen – Laplac - División Ciénaga - Uchumarca – San Vicente de Paul – Catal Amazonas (puente Huanabamba a Balsas) I etapa, en la provincia de Bolívar. Y por el contrario en el departamento de Cajamarca sólo se tiene dos carreteras asfaltadas, esto pasa por el hecho que las autopistas han sido concesionadas por el Estado, el gobierno central, y en estos casos la región no tiene mayor acceso ni injerencia para intervenir y fiscalizar los trabajos de reconstrucción y mejoramiento que deben realizarse allí. (Red de Comunicación Regional, 2018)

En Costa Rica uno de sus principales objetivos es poder estabilizar el suelo, es por eso que se está consideran la cal como un estabilizante ya que tiene reacciones con los suelos de media y alta plasticidad produciendo un decremento en el índice de plasticidad, aumenta su trabajabilidad, disminuye su expansión y aumenta su

resistencia. La cal es utilizada para la estabilización de una gran variedad de materiales incluyendo los suelos de muy baja resistencia, logrando transformarlos en una superficie trabajables y así se pueda formar una base de alta resistencia y calidad logrando llevar las operaciones constructivas con normalidad. (Elizondo Arrieta & Sibaja Obando, Guia para la Estabilización o Mejoramiento de Rutas no pavimentadas, 2008)

En Perú la estabilización de los suelos arcillosos con cal están fundamentalmente concentrados en la selva amazónica por contar con una gran variedad de suelos arcillosos y con un alto contenido de humedad. Por eso se busca encontrar un buen estabilizante químico de suelos que actué como un agente con efecto catalizador o potencializador, ya que hoy en día existen numerosos métodos o productos para la estabilización de suelos, por eso que en el Perú se usa la CAL como estabilizante de suelos en las obras viales para la compactación de suelo. (Santisteban J. S., Estabilizacion de suelos con emulsion asfáltica potencializada con estabilizador quimico, 2016)

En el Perú la empresa Liplata S.A. nos dice que la estabilización de suelos a nivel de carpeta es el tratamiento aplicado a todo el espesor de la capa granular que mejora sus propiedades funcionales. Y entre los beneficios que esta trae tenemos que son: eliminación del polvo sobre un 95%, aumentar la capacidad de tracción, mantener la humedad óptima en la carpeta, no regar con agua los caminos tratados, mejorar la servicialidad del camino, aumento de la vida útil de las bases granulares y con respecto a lo estético el acabado es similar a una aplicación asfáltica.

En el Distrito de Huamachuco no tenemos información que se haya realizado algún estudio o practicado estabilizaciones de subrasante en suelos arcillosos, es por eso que

se busca realizar un análisis para mejorar el suelo con una estabilización aplicando un aditivo “cal” que ayudara a mejorar las propiedades del suelo.

La sierra peruana es la que tiene las peores carreteras del Perú, aquí tenemos el tramo de Chaquilbamba-Habas Horco que se encuentran uniendo dos grandes ciudades HUMACHUCO que pertenece al departamento de La Libertad y CAJABAMBA que pertenece al departamento de Cajamarca, la vía que conecta estas dos ciudades está en pésimo estado, esto hace que el desarrollo de estas ciudades no avance ya que por esta vía se moviliza carga, personas, mercadería. En esta vía tenemos el tramo Chaquilbamba-Habas Horco es en el que se tiene mayores asentamientos y mayores problemas de deterioro. Al conocer todo lo antes mencionado se decidió realizar una investigación en el tramo más desfavorable (Chaquilbamba-Habas Horco), esta investigación consiste en adicionar cal hidratada y el aditivo QUIM KD-40 para mejorar la subrasante de esta vía. Los porcentajes de adición serán de 2% y 4%, esto debido a que según nuestros antecedentes, (La Rosa, 2006) obtuvo mejores resultados con un 2% de adición, es por ello que también agregaremos 4% para ver si a mayor cantidad de aditivo, la mejora también es notable.

1.1.2. Antecedentes

1.1.2.1. Antecedentes a Nivel Internacional

- Título: “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE CAL EN LAS VÍAS DE LA COMUNIDAD DE SAN ISIDRO DEL PEGÓN, MUNICIPIO POTOSÍ- RIVAS”

En Nicaragua, (Altamirano & Díaz, 2015) en esta investigación se tomaron los porcentajes en los que hubiese mayor cambio siendo estos los de 3, 6, 9, y 12 por ciento. Al determinar las propiedades con estos porcentajes se obtuvo una mejora significativa en cuanto a la plasticidad, densidad de compactación; se aumentó la humedad requerida en este proceso debido a la reacción exotérmica producida entre la cal y la arcilla, se aumentó significativamente la capacidad de soporte del suelo. Ciertamente la expansión o hinchamiento es la propiedad con mayor incidencia en estos suelos, logrando una reducción del 61 por ciento con la adición óptima de cal. El aporte de esta investigación es fundamental porque se realiza una estabilización con cal y los ensayos practicados nos permiten conocer la conducta de los suelos cohesivos según los diferentes porcentajes de adición.

- Título: “MEJORAMIENTO Y ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES CON CAL”

En Costa Rica, (Badilla & Elizondo , 2010) nos explican que factores se debe considerar para la selección de la cal como estabilizador adecuado para un suelo estos serían: el tipo de suelo a estabilizar, el propósito para la cual la capa será utilizada, el tipo de mejora que se desea del suelo (objetivo de la estabilización), la resistencia requerida y la durabilidad de la capa estabilizada, las condiciones ambientales y el

costo, la regla general de la cal es que reaccionará con un suelo de mediana y alta plasticidad produciendo un decremento al índice plástico, aumento de trabajabilidad, disminución de expansión y aumenta la resistencia con el fin de tener un suelo apto para ser trabajado.

El aporte que tiene esta investigación es importante porque realizan una estabilización con cal y esta nos permite saber el comportamiento de dicho material en un suelo.

- Título: “EL TRATAMIENTO DE LOS SUELOS ARCILLOSOS CON CAL”

Los tratamientos de estabilización de suelos suelen requerir porcentajes altos de cal, dado que las primeras dosis de las misma se emplean en los mecanismos de mejora y que es indispensable la disposición de la cal libre en cantidad suficiente para mantener las reacciones puzolánicas perseguidas. Se suele proyectar así tratamientos de estabilización con valores siempre superiores al 3% de cal, llegando incluso a valores del 8 y 10%. (Castelló, 2015)

El aporte que tiene esta investigación es importante porque realizan una estabilización con cal y nos dice que porcentaje se adiciona la cal en este país para obtener mejores propiedades del suelo.

Antecedentes a Nivel Nacional

- Título: “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE SUELOS ESTABILIZADOS CON APLICACIÓN DE QUIM KD-40 EN VÍAS NO PAVIMENTADAS EN VÉGUETA – HUAURA – LIMA, 2016”

En Lima, (Santisteban J. M., 2016) su investigación tuvo como objetivo principal, el evaluar de qué manera la aplicación del aditivo Quim KD-40 mejora el comportamiento de los suelos estabilizados de las vías no pavimentadas. Se encuentra inmerso dentro del método científico, de tipo aplicado, de nivel

explicativo, de diseño no experimental, la población en estudio estuvo representada por las vías no pavimentadas del distrito de Végueta, que suman en su totalidad 18 vías con 90 Km. de longitud aproximadamente, considerando a elección del investigador, por el estado situacional de la vía, el tramo de la ruta R28, como tamaño de muestra. Finalmente se llegó a la conclusión, luego de haber evaluado la aplicación del aditivo Quim kd-40 en el mejoramiento del comportamiento de los suelos estabilizados de las vías no pavimentadas, expresados en el incremento de la capacidad de soporte CBR del orden de 41%, el nivel de conservación de la vía donde se usó Quim KD-40 se encuentra aún por debajo de 25% de la deflexión admisible, además de significar un ahorro del 29%, entre el sector donde se empleó el aditivo. El aporte de esta investigación es fundamental porque se realiza una estabilización con el aditivo Quim Kd-40 y los ensayos practicados nos permiten conocer la conducta de los suelos según los diferentes porcentajes de adición y la cantidad de mejora.

- Título: “APLICACIÓN DEL ADITIVO QUIM KD-40 EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA CAMINOS NO PAVIMENTADOS EN EL ANEXO DE NAHUIN, PALCA-TARMA-JUNIN-2019”

En Junín, (Rosales, 2018) en esta investigación se determinó la influencia de la aplicación del Aditivo QUIM KD – 40 en la estabilización de suelos respecto a sus propiedades físico – mecánicas. En la investigación se usó el método científico, el tipo de investigación es aplicada, con un nivel explicativo y el diseño es experimental; la población con la que se cuenta son los caminos no pavimentados del anexo de Nahuin que se encuentran dentro del Distrito de Palca y se consideró un tipo de muestreo no probabilístico intencionado que fue el tramo de la trocha carrozable entre los anexos de Santa Rosa de Carpapata – Santa Rosa de Nahuin

(mediante calicatas). Se concluyó que con la aplicación del aditivo QUIM KD – 40, mejoró considerablemente la estabilización del suelo, cumpliendo normas y parámetros establecidos de acuerdo a sus propiedades físico mecánicas del suelo para así llegar a tener un suelo estabilizado.

El aporte de esta investigación es fundamental porque se realiza una estabilización con el aditivo Quim Kd-40 logrando un suelo estabilizado.

- Título: “MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO -MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UNA VÍA AFIRMADA DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL DE LA REGIÓN JUNÍN MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON ÓXIDO DE CALCIO – 2016”

En Huancayo, (Cuadros, 2017), en esta investigación se determinó la influencia de la estabilización química mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio en el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la Red Vial Departamental de la Región Junín con la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio. Se concluyó que la estabilización química con Óxido de Calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, obteniendo como porcentaje óptimo la adición del 3% de óxido de calcio en peso de suelo, reduciendo el índice de plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08% a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, así mismo aumenta significativamente el valor de C.B.R. de un 4.85% para suelo natural a un valor de C.B.R de 15.64% posterior a su estabilización, además se demostró una ventaja económica de la estabilización química con óxido de calcio frente a la estabilización física por el método de combinación de suelos, con una considerable reducción de costos de un 44.41%.

El aporte de esta investigación es fundamental porque se realiza una estabilización con cal en diferentes porcentajes, concluyendo que el porcentaje óptimo fue de 3% mejorando así el valor CBR de 4.85% a 15.64%.

1.1.3. Bases Teóricas

1.1.3.1. Carreteras

Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018)

1.1.3.1.1. Clasificación de las carreteras

Tabla 1: Clasificación por demanda

TIPO	DESCRIPCIÓN
AUTOPISTAS DE PRIMERA CLASE	Poseen un IMDA > 6000 veh/día, con un separador central > 6.00m., además consta de 2 o más calzadas, y dos o más carriles por calzada. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y su superficie de rodadura de esta carretera es pavimentada.
AUTOPISTAS DE SEGUNDA CLASE	Poseen un IMDA entre 4001 – 6000 veh/día, con un separador central de 1.00m hasta 6.00 m., además consta de 2 o más calzadas, y 2 o más carriles por calzada. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y la superficie de rodadura de esta carretera es pavimentada.
CARRETERAS DE PRIMERA CLASE	Poseen un IMDA entre 2001 – 4000 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2 carriles. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y la superficie de rodadura de esta carretera es Pavimentada
CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE	Poseen un IMDA entre 400 – 2000 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2. Su ancho min. de carril es de 3.30 m. y la superficie de rodadura es pavimentada
CARRETERAS DE TERCERA CLASE	Poseen un IMDA < 400 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2 carriles. Su ancho min. de carril es de 3.00 m. y la superficie de rodadura puede ser pavimentada o afirmada.
TROCHAS CARROZABLES	Poseen un IMDA < 200 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 4.00 m, min. de calzada y la superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

Fuente: Manual de diseño Geométrico de Carreteras (MTC, 2018)

Tabla 2: Clasificación por orografía

TIPO	DESCRIPCIÓN
TERRENO PLANO	Poseen pendientes transversales = 10% y pendientes longitudinales < 3%.
TERRENO ONDULADO	Poseen pendientes transversales entre 11% y 50% y pendientes longitudinales que se encuentran entre 3% y 6%
TERRENO ACCIDENTADO	Poseen pendientes transversales entre 51% y 100% y pendientes longitudinales que se encuentran entre 6% y 8%.
TERRENO ESCARPADO	Poseen pendientes transversales > 100% y pendientes longitudinales > 8%.

Fuente: Manual de diseño Geométrico de Carreteras (MTC, 2018)

1.1.3.2. Suelos

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física, y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella. (Altamirano & Díaz, 2015)

1.1.3.2.1. Tipos de Suelos

Los suelos se clasifican según las propiedades, características, tamaño, forma.

- **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.

1.1.3.2.2. 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. La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento. La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocará encima. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

1.1.3.2.3. Caracterización de la Subrasante

Para determinar las características que presenta el suelo se realizará calicatas con una profundidad mínima de 1.5m y el número mínimo de calicatas por kilómetro, estará de acuerdo a la **Tabla 3**. Y en la **Tabla 4**

se muestra la cantidad de ensayos CBR que se debe de hacer según el tipo de carretera que presenta.

Tabla 3: Número de calicatas dependiendo del tipo de carretera:

TIPO DE CARRETERA	PROFUNDIDAD (M)	NÚMERO MÍNIMO DE CALICATAS
Autopistas	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: 4calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril	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	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km.
Carreteras de Segunda Clase	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km.

Carreteras de Tercera Clase	de 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • 2 calicatas x km.
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • 1 calicatas x km.

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

Tabla 4: Número de ensayos Mr y CBR según el tipo de carretera.

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.	• 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.	• Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	• Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

1.1.3.2.4. Ensayos de Laboratorio

Los ensayos de laboratorio deben realizarse por un personal calificado, instalaciones que faciliten la correcta ejecución de los ensayos y equipos debidamente calibrados. Con las muestras extraídas de las calicatas efectuadas, se realizarán los siguientes ensayos de laboratorio: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107.
- Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E110
- Límite Plástico ASTM D-4318, MTC E111
- Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E108
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Clasificación AASHTO M-145

Ensayos Especiales

- California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC – E132, ó Módulo resiliente de suelos de subrasante AASHTO T 274, MTC – E128
- Proctor Modificado NTP 339.141

Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTMD-422, MTCE107)

El objetivo de este ensayo es determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas del suelo.

Tabla 5: Tamices y aberturas para análisis granulométrico

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
N° 4	4,760
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Tabla 6: Clasificación de suelos según tamaño de partículas

TIPO DE MATERIAL	TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS
GRAVA	75mm-4.75mm

		Arena gruesa:4.75mm-0.425mm
ARENA		Arena media:2.00mm-0.425mm
		Arena Fina:0.425mm-0.075mm
MATERIAL	Limo	0.075mm-0.005mm
	FINO	Arcilla
		Menor a 0.005mm

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

Límites de Atterberg

Los Límites de Atterberg establecen cuán sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido.

Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo MTC E 110), el límite plástico (LP, según ensayo MTC E 111) y el límite de contracción (LC, según ensayo MTC E 112)

- a. **Límite Líquido** Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para el cual se usa la cuchara de Casagrande.
- b. **Limite Plástico:** Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.
- c. **Índice de Plasticidad:** Es la diferencia entre los límites líquido y plástico, es decir, el rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene plástico:

Tabla 7: Clasificación de suelos según Índice de plasticidad

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP≤20 IP>7	Media	Suelos arcillosos
IP<7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP=0	No plástico(NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

Contenido de humedad (ASTM D-2216, MTC E108)

El contenido de humedad del suelo es la relación expresada como porcentaje del peso del agua en una masa dada del suelo al peso de las partículas sólidas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

El porcentaje de humedad es el peso de la muestra sin agua, este dato nos sirve para saber si el contenido de humedad que se encuentra es el contenido óptimo.

Clasificación SUCS (ASTM D-2487)

Es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación modificada de Casagrande. (Castillo, 2019)

Si el suelo tiene entre un 5-12% de finos, pasantes del tamiz #200 se considera que ambas distribuciones de granos tienen un efecto significativo para las propiedades ingenieriles del material. Estaríamos hablando por ejemplo de gravas bien graduadas pero con limos. En esos casos se recomienda usar doble notación, por ejemplo: GW-GM correspondiente a "grava bien graduada" y "grava con limo"

Si el suelo tiene más del 15% del peso retenido por el tamiz #4 ($R_{\#4} > 15\%$), hay una cantidad significativa de grava, y al sufijo "con grava" se le puede añadir el nombre del grupo, pero el símbolo del grupo no cambia. Por ejemplo, SP-SM con grava se refiere a "Arena pobremente graduada con limo y grava".

Tabla 8: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS

DIVISIONES AYORES			SÍMBOLO DEL GRUPO	NOMBRE DEL GRUPO	
Suelos granulares gruesos más del 50% retenido en el tamiz n°200	Grava: >50% de fracción gruesa retenida en el tamiz n°4	Grava limpia menos del 5% pasa el tamiz n° 200	GW	grava bien graduada, grava fina a gruesa	
			GP	grava pobremente graduada	
		grava con más de 12% de finos pasantes del tamiz n°200	GM	grava limosa	
			GC	grava arcillosa	
	Arena: ≥50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n°4	Arena limpia	SW	arena bien graduada, arena fina a gruesa	
			SP	arena pobremente graduada	
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz n°200	SM	arena limosa	
			SC	arena arcillosa	
	Suelos de agregado fino más del 50% pasa por el tamiz N° 200	Limos y Arcillas Límite líquido <50	Inorgánico	ML	limo
				CL	arcilla
Orgánico			OL	limo orgánico, arcilla orgánica	
Limos y Arcillas Límite		Inorgánico	MH	limo de alta plasticidad, limo elástico	
			CH	arcilla de alta plasticidad	

	líquido ≥50	Orgánico	OH	arcilla orgánica, limo orgánico
Suelos Altamente Orgánicos			Pt	turba

Fuente: (ASTM 2487)

Clasificación AASHTO (M-145)

El sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (Designación ASTM D-3282; método AASHTO M145) es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928. Este sistema pasó por varias revisiones y actualmente es usado para propósitos ingenieriles enfocados más en el campo de las carreteras Y pavimentaciones como la construcción de los terraplenes, subrasante, subbases y bases de las carreteras teniendo resultados satisfactorios en el diseño de los pavimentos y carreteras. Sin embargo es necesario recordar que un suelo que es bueno para el uso de subrasante de carreteras puede ser muy pobre para otros propósitos que se quieran emplear (Civil, Ingeniería, 2010).

El sistema de clasificación está basado en los resultados de la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas para diferenciar el tipo de suelo que se estudiara, el límite líquido y el límite plástico.

Tabla 9: Clasificación de Suelos Aashto

Clasificación General	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por el tamiz de 0.08mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Símbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis Granulométrico % que pasa por el tamiz de :												
2mm	Máx 50											
0.5mm	Máx 30	Máx 50	Máx 50									
0.08mm	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Mín 35	Mín 35	Mín 35	Mín 35	Mín 35
Límites de Atterberg												
Límite Líquido	Máx 6	Máx 6		Máx 40	Mín 40	Máx 40	Mín 40	Máx 40	Máx 40	Máx 40	Mín 40	Mín 40
Índice de Plasticidad				Máx 10	Máx 10	Mín 10	Mín 10	Máx 10	Máx 10	Mín 10	Mín 10	Mín 10
											IP<LL-30	IP<LL-30
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	Máx 4	Máx 4	Máx 8	Máx 12	Máx 16	Máx 20	Máx 20
Tipo de Material	Piedras. Gravas y arena		Arena Fina	Gravas y Arenas limosas o arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excelente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: Ministerio de transportes y Comunicación, 2013.

Proctor Modificado ASTM D 1557

El ensayo de Proctor modificado abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, y así determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos natural que se estudiara extraído de las calitas (curva de compactación) para esto realizaremos la compactación en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 5,5 lbf (24,4 N) que cae de una altura de 12 pulgadas (305 mm), produciendo un Energía de compactación de 12 400 lb-pie/pie³ (600 kN-m/m³). Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 3/4" pulg (19.0 mm) (J.E.Bowles, 2006).

Ensayo CBR California Bearing Ratio ASTM D 1883

El CBR es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala. El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. El objetivo esencial para realizar éste ensayo es el de determinar la resistencia de un suelo que está sometido a esfuerzos cortantes, además evaluar la calidad relativa del suelo para subrasante, sub-base y base de pavimentos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Después de clasificar los suelos según SUCS y AASHTO se hace un programa de ensayos para determinar el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, este valor estará referido a la MDS (Máxima Densidad Seca) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

Tabla 10: Clasificación de CBR

CATEGORÍA DE SUBRASANTE	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	CBR<3%
S0: Subrasante Insuficiente	CBR≥3% a CBR<6%
S0: Subrasante Regular	CBR≥6% a CBR<10%
S0: Subrasante Buena	CBR≥10% a CBR<20%
S0: Subrasante Muy buena	CBR≥20% a CBR<30%
S0: Subrasante Excelente	CBR≥30%

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

1.1.3.3. Estabilización Mecánica de suelos

Con la estabilización mecánica se pretende mejorar el material del suelo existente sin cambiar la estructura y material básico del mismo. Para lograr esto se elimina los vacíos mediante la compactación.

Estabilización de suelos por combinación de suelos.

La estabilización por combinación de suelos se considera a la estabilización de un suelo utilizando material de préstamo. El suelo existente se disgregará para luego mezclarse con el material de préstamo, este material deberá humedecerse y airearse para encontrar la humedad apropiada de compactación.

Estabilización por sustitución de suelos

La estabilización por sustitución de suelos es cuando la subrasante será mejorada sólo con material de préstamo, es decir que será excavado previamente para luego ser reemplazado por el material de adición.

Suelos Estabilizados con Cal

El suelo-cal se obtiene por la mezcla del suelo, cal y agua. La cal a utilizarse es cal viva o cal anhidra obtenida por la calcinación de materiales calizos. Estas cales tienen la propiedad de endurecerse en el aire una vez mezcladas con agua.

Suelos Estabilizados con Cemento

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla de un suelo con cemento y agua, además de otras eventuales adiciones. El cemento ayuda a obtener un suelo endurecido, mucho más resistente.

Suelos Estabilizados con Escoria

Las escorias producidas por acería o por otros hornos de fundición se emplean en la elaboración de cemento, como agregados en fabricaciones de hormigón, en la parte estabilización de sub-rasante formando parte del ligante bituminoso. Al emplearse este producto se evita la explotación de otras canteras conservando así el paisaje de la zona.

Suelos Estabilizados con Cloruro de Sodio

El principal uso de la sal es para el control del polvo en bases y superficies de rodadura de tránsito ligero y también es utilizada en zonas secas para evitar la evaporación del agua de compactación.

Suelos Estabilizados con Cloruro de Calcio

Este producto trabaja de forma similar a la sal común, pero es preferible, puesto que el cloruro de calcio tiene efectos oxidantes. El cloruro de calcio ayuda al proceso de compactación, contribuye a la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo.

Suelos Estabilizados con Cloruro de Magnesio

El cloruro de magnesio es mucho más efectivo que el cloruro de calcio produciendo una superficie de rodadura más dura. El cloruro de magnesio posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, cohesiona las partículas finas, resistente a la evaporación y es soluble al agua permitiendo así una solución en forma rápida y sencilla.

Suelos Estabilizados con Productos Asfálticos

La mezcla de un suelo con un producto asfáltico aumenta su estabilidad por sus características aglomerantes, como impermeabilizante del suelo haciéndolo más sensible a los cambios de humedad y por lo tanto más estable a condiciones adversas.

Suelos Estabilizados con Geosintéticos

Los Geosintéticos proporcionan resistencia a la tracción y una mejora significativa en el rendimiento y construcción de pavimentos y pueden ser utilizadas en suelos con baja resistencia al corte y sin drenaje, además de zonas donde se cuente con un nivel freático alto.

1.1.3.4. Pavimentos

1.1.3.4.1. Definición de pavimentos

El pavimento cuenta con un conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las

terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

1.1.3.4.2. Tipos de Pavimentos.

Pavimentos Asfálticos o Flexibles:

Los Pavimentos flexibles se caracterizan por estar conformados principalmente de una capa bituminosa, que se apoya de otras capas inferiores llamadas base y súbbase; sin embargo es posible prescindir de estas capas dependiendo de la calidad de la subrasante y de las necesidades de cada obra.

Breve descripción de cada una de sus capas según su funcionalidad

- **Carpeta o capa de rodadura:** Es la capa más superficial y tiene como principal función proporcionar una superficie segura, cómoda y estable en el tránsito vehicular; además de actuar como capa impermeable para impedir la infiltración de agua en la estructura del pavimento. Puede estar compuesta por uno o varias capas asfálticas.

- Breve descripción de cada una de sus capas según su funcionalidad:
- **Base:** Esta es la capa que se encuentra directamente debajo de la capa de Superficial y es la encargada de recibir los esfuerzos de la capa de rodadura y transmitirlo de forma adecuada a la subbases y a la subrasante. En general, se compone de agregados (ya sea estabilizado o sin estabilizar).
- **Capa Sub-base:** Se considera una capa netamente económica, debido a que el contenido de sus materiales son muy asequibles y económicos. Tiene la función de actuar como capa de transición entre la base y la subrasante, puesto que impide la penetración de materiales finos de la subrasante así, como la ascensión capilar.

a. Pavimentos de Concreto o Rígidos:

Es el que se ejecuta teniendo como material fundamental el hormigón, bien sea en la base o en toda su estructura. Estos pavimentos se clasifican de acuerdo al tipo de hormigón que se emplee.

Breve descripción de cada una de sus capas según su funcionalidad

- **Subrasante:** Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.
- **Sub-base:** Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera

que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento

- **Losa (superficie de rodadura):** Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base.

a. Otros: Entre otros tipos de pavimentos están:

- Adoquines
- Empedrados
- Suelos Cemento

1.1.3.5. Capacidad de Soporte de suelos granulares

1.1.3.5.1. Definición de Capacidad de Soporte

La capacidad de soporte es una de las propiedades más importantes de los suelos. Su comportamiento, al estar sometido a tensiones es bastante más complejo que el de otros materiales. Las deformaciones que experimenta no sólo dependen del “tipo de suelo” que se trate, sino también del estado en que se encuentre éste en cuanto a su contenido de humedad, grado de compacidad, estructura interna, etc. Finalmente, las deformaciones que experimente un suelo deben necesariamente relacionarse con la estructura solicitante, ya que ciertos órdenes de magnitud pueden ser tolerables para algunas construcciones y prohibitivos para otras. Cuando un suelo es sometido a tensiones, sufre una determinada deformación. Si alcanza el valor límite de su resistencia, el suelo

sufre una rotura por corte o falla por corte. Desde el punto de vista de la mecánica de suelos, interesa tanto tener un adecuado factor de seguridad a la falla por corte como que la estructura solicitante no sufra una deformación tal que le produzca daños (Ojeda, 2011).

1.1.3.5.2. Definición de Suelos Granulares

Los suelos granulares se definen como aquellos en los cuales las fuerzas intergranulares o atractivas tienen un efecto despreciable en el comportamiento mecánico observado. Esta categoría engloba a rocas, gravas y arenas. Basados en el estado de tensiones y en la estructura del suelo, normalmente definidos en función de la densidad relativa, del índice de huecos o de la porosidad, los suelos granulares además se clasifican en materiales densos o sueltos. Además, son los suelos que no poseen ninguna cohesión, y consisten en rocas, gravas, arenas y limos (Pérez, 2002).

1.1.3.6. Cal

1.1.3.6.1. Definición

La cal viva se produce de la transformación química del carbonato de calcio en óxido de calcio, la cal hidratada se obtiene cuando la cal viva reacciona químicamente con el agua, la cal hidratada es aquella que reacciona con las partículas arcillosas y las transforma permanentemente en una matriz cementante. (Hernández , 2016)

1.1.3.6.2. Tipos de Cal

Se llama cal a todo producto, sea cual fuere su composición y aspecto físico, que proceda de la calcinación de piedras calizas. Como consecuencia de las variaciones de composición de la roca de partida pueden obtenerse una serie de cales, que varían

desde las cales muy puras; altamente cálcicas, hasta altamente hidráulicas, con contenidos de óxido de calcio de un 50% y aún menos (Otero, LA CAL, 2008)

Así obtenemos dos tipos fundamentales de cales:

- **Cales aéreas:** Cales que se componen principalmente de óxido e hidróxido de calcio y magnesio, los cuales endurecen lentamente al aire por la acción del CO₂ de la atmósfera. No presentan propiedades hidráulicas, es decir, no endurecen con el agua y se obtienen a partir de rocas calizas con contenidos en carbonatos superiores al 95%.
- **La cal apagada o hidratada:** En pasta tiene la propiedad de endurecerse lentamente en el aire, enlazando los cuerpos sólidos, por lo cual se emplea como aglomerante. Este endurecimiento recibe el nombre de fraguado, y es debido primeramente a una desecación por evaporación del agua con la que se formó la pasta, y después, a una recarbonatación por absorción del anhídrido carbónico del aire: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CO}_3\text{Ca} + \text{H}_2\text{O}$, formándose carbonato cálcico y agua, reconstituyendo la caliza de que se partió.
- **Cal grasa:** si la caliza primitiva contiene como máximo un 5% de óxido de magnesio, la cal que se produce al calcinarse se le denomina cal grasa y al apagarse da una pasta fina trabada y untuosa, blanca, que aumenta mucho de volumen, permaneciendo indefinidamente blanda en sitios húmedos y fuera del contacto del aire, y en el agua termina por disolverse.
- **Cales magra:** son las que proceden de calizas que contienen más de un 5% de óxido de magnesio. Al añadirles agua forman una pasta gris poco trabada, que se entumece menos y desprende más calor que las cales

grasas. Al secarse en el aire se reducen a polvo, y en el agua se deslíen y disuelven. Por estas malas cualidades no se usan en construcción.

- **Cal hidráulica:** material conglomerante, pulverulento e hidratado que se obtiene calcinando calizas que contienen arcillas (sílice y alúmina), a una temperatura casi de fusión, para que se forme el óxido cálcico libre necesario para permitir su hidratación y, al mismo tiempo, deje cierta cantidad de silicatos de calcio deshidratados que den al polvo sus propiedades hidráulicas. Las cales hidráulicas, después de amasadas con agua, se endurecen en aire, y también en el agua, siendo ésta última propiedad las que las caracteriza.

1.1.3.6.3. Utilización de la Cal en la estabilización de suelos.

Tras realizarse diferentes y numerosos ensayos se determinó que el objetivo se ve más claro cuando aplicamos cal a suelos arcillosos mejorando sus propiedades (Hernández , 2016)

- Reducción de la humedad natural del suelo
- Modificación de la granulometría
- Aumento de permeabilidad
- Mayor trabajabilidad
- Reducción del índice de plasticidad
- Reducción del potencial de cambios volumétricos
- Modificación de las características de compactación
- Aumento inmediato de la consistencia
- Mayor resistencia a medio y largo plazo

Como consecuencia de la combinación de los mecanismos descritos en el apartado anterior, la aplicación de cal a un suelo arcilloso origina una

modificación en las propiedades físicas características de su comportamiento inicial (Bauzá, Castelló Juan Diego, 2003).

Según la investigación de Bauza si bien ya se ha mencionado que en función de la mineralogía del suelo y de la proporción y forma de aplicación de cal se producen unos u otros procesos en mayor o menor medida, es posible resumir y englobar los efectos más genéricos de la mejora en los que siguen:

- Reducción de la humedad natural del suelo
- Modificación de la granulometría
- Aumento de la permeabilidad
- Mayor trabajabilidad
- Reducción del índice de plasticidad
- Reducción del potencial de cambios volumétricos
- Modificación de las características de compactación
- Aumento inmediato de la consistencia
- Mayor resistencia a medio y largo plazo

1.1.3.6.4. Criterios de dosificación

Para definir el porcentaje mínimo de cal se deberá tomar en cuenta cuales son las exigencias a las que se estará sometido el material como puede ser para terraplenes, formación de explanadas, conformación de bases y sub bases para pavimentos, entre otras. Se deberá además tomar en cuenta cual es el efecto que se desea conseguir en el suelo, ya sea el secado de los suelos que tengan un contenido de humedad excesivo, una modificación inmediata del suelo, o una estabilización de la capa a largo plazo (Albán, María Angélica Sánchez, 2014).

Previamente se realizará un análisis de los suelos que se requiere tratar para determinar si el tratamiento con Cal es el más óptimo para estabilizarlo. Los ensayos necesarios para determinar las características del material son los siguientes:

- Ensayos de clasificación de suelos.
- Determinación de las propiedades Índice de los suelos: Límite líquido límite plástico, Índice de
- Plasticidad.
- Ensayos de Hinchamiento.
- Ensayos de comportamiento, fundamentalmente se debe evaluar los parámetros de Compactación (ensayo, Proctor, Estándar o Modificado) y la Capacidad portante (ensayo C.B.R.y/o Resistencia a Compresión Simple).

Una vez que se evalúan los resultados de los ensayos antes citados se puede valorar cuál es el comportamiento del material ante el estabilizante en este caso la cal, y en función de esto se determinará el porcentaje óptimo para lograr un cambio en el comportamiento del material. Cuando el suelo tienen un índice de plasticidad mayor a 10 y su porcentaje de partículas finas es alto el tratamiento con cal es muy beneficioso.

1.1.3.6.5. Determinación de porcentaje óptimo de cal

Este es un porcentaje que permite aprovechar al máximo los efectos de la cal sobre el suelo a tratarse, con un costo mínimo, de tal forma se logrará alcanzar un material que tenga propiedades geotécnicas adecuadas, y presente prestaciones de durabilidad elevadas (Albán, María Angélica Sánchez, 2014).

Es indudable que, desde el punto de vista técnico-económico, la cantidad óptima de cal para estabilizar un suelo es el menor porcentaje capaz de modificar las propiedades del suelo, hasta el extremo requerido por el destino que habrá de dársele en el proyecto. (Eddy.H, 2011)

El objetivo buscado contempla por lo general dos casos:

- Aumentar la resistencia a los esfuerzos normales y tangenciales.
- Reducir el hinchamiento.

El artículo de investigación no explica que para medir el primer factor pueden utilizarse algunos de los ensayos siguientes: Valor Soporte California, Compresión confinada.

La comparación de los resultados debe hacerse entre los valores correspondientes al suelo solo mezclado con diferentes porcentajes de cal.

La elección de la cantidad óptima recaerá en el menor porcentaje incorporado al suelo, capaz de conferirle las propiedades buscadas.

Una vez seleccionado dicho porcentaje es aconsejable, por razones prácticas adicionarle un 0.5% al 1% para tener en cuenta los desperdicios, inevitables durante las operaciones constructivas.

1.1.3.6.6. métodos de aplicación

Tiene un amplio campo de utilización en muchos ámbitos, los más importantes en construcción son el darle trabajabilidad a los morteros y para el esgrafiado, nos centraremos en los usos de la cal en la construcción (Villarino, Otero Alberto, 2005)

- **Morteros**

Unión de agua+ conglomerante +árido fino

El mortero está destinado a unir una serie de elementos pequeños (piedras o ladrillos) para constituir una unidad de obra con características propias. Durante la evaporación del agua de una pasta de cal, se produce una contracción elevada que fácilmente da lugar a grietas. Esta retracción puede reducirse mediante la adición de arena a la pasta, es decir, no utilizando pasta de cal sino morteros de cal. Si se añade poca arena la retracción será alta; si se añade mucha arena bajarán la plasticidad y la resistencia

- **Revocos y Enfoscados**

Se denomina revoco al revestimiento exterior de mortero de agua, arena y cal o cemento, que se aplica, en una o más capas, a un paramento enfoscado previamente. El enfoscado es una capa de mortero empleada para revestir una pared o un muro. En los enfoscados se utiliza mortero de cemento, aunque ocasionalmente se puede añadir también algo de cal. El enlucido es una de las últimas unidades de obra que se realizan, por lo que no interesa que su fraguado sea lento, pues retrasaría el uso de la obra.

- **Recubrimientos / Blanqueos**

La cal se usa para blanquear como pintura al temple

- **Estabilización de suelos en carreteras**

Las tipos de explanadas se pueden conseguir con distintos tipos de suelos mediante estabilización

La estabilización de un suelo in situ es la mezcla homogénea y uniforme de un suelo con cal o con cemento, y eventualmente agua, en la propia traza de la carretera, la cual convenientemente compactada, tiene por objeto disminuir la susceptibilidad al agua del suelo, aumentar la

capacidad de soporte del suelo, controlar la erosión y los cambios de volumen. Con ello se pueden aprovechar suelos mediocres e incluso francamente inadecuados en el cimiento de los firmes.

Él (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2015) nos dice que la dosificación de cal depende al tipo de arcilla, y este se agrega de 2% a 8% de cal por peso seco del suelo y esta cantidad deberá determinarse en laboratorio realizando una diversidad de ensayos.

1.1.3.7. Quim kd-40 (Cloruro de Calcio)

1.1.3.7.1. Definición

En el Perú, la producción del aditivo Quim Kd-40 es elaborado por QUIMPAC a partir de la reacción química del carbonato de calcio (caliza) con el ácido clorhídrico, este producto se comercializa en su estado líquido. La síntesis del QUIM KD40 tiene como complemento la participación de aditivos que permiten darle al producto final el aspecto, equilibrio y la calidad requeridos para cumplir eficazmente con las aplicaciones a las que está dirigido.

Utilización

- Industria minera. Como controlador de polvos, en lixiviación, como aglomerante.
- Industria de la construcción e ingeniería civil. Como acelerador del fraguado del cemento. Como estabilizador de suelos en la construcción de vías.
- Industria de petróleo.
- Industria Química. En el tratamiento de agua. Como refrigerante.
- Agricultura. Como fertilizante.

1.1.3.7.2. Dosis de agregado

Teniendo en cuenta el tipo de tránsito, la dosis recomendada varía de la siguiente manera:

Tránsito pesado: 4 a 5 Kg por metro cuadrado.

Transito liviano: 2 a 3 Kg por metro cuadrado

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la cal hidratada y el aditivo QUIM KD-40 en la estabilización de suelos arcillosos como capa subrasante en pavimentos flexibles en la vía Huamachuco-Cajabamba, tramo Chaquilbamba-Habas Horco-2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Comparar la influencia entre los aditivos cal hidratada y QUIM KD-40 para la estabilización de suelos arcillosos como capa subrasante en pavimentos flexibles, Huamachuco-Cajabamba 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar 8 calicatas de 1m de largo x 1m de ancho y 1.50m de profundidad en el tramo Chaquilbamba-Habas Horco
- Determinar las propiedades físicas del suelo en estado natural del tramo Chaquilbamba-Habas Horco.
- Determinar el tipo de suelo existente en este tramo según Sistemas Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO)
- Determinar las propiedades físicas del suelo adicionando cal hidratada en un 2%, 4%, así como la adición del aditivo QUIM KD-40 en un 2%, 4%, con respecto al peso.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La utilización de cierto porcentaje de cal hidratada y QUIM KD-40 como adición al suelo en estado natural de la carretera Huamachuco-Cajabamba, influye positivamente mejorando la capacidad de soporte de su subrasante.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La utilización del 2% y 4% de cal hidratada como adición al suelo en estado natural influenciará positivamente mejorando la capacidad de soporte de su subrasante.
- La utilización del 2% y 4% de QUIM KD-40 como adición al suelo en estado natural influenciará positivamente mejorando la capacidad de soporte de su subrasante.

2.2.1. Unidad de Estudio

La unidad de estudio serán los especímenes del suelo con adición de cal hidratada y los especímenes de suelo con adición del aditivo Quim kd-40. En el cual el suelo a utilizarse será extraído del tramo Chaquilbamba-Habas Horco en la vía Huamachuco-Cajabamba.

2.2.2. Población

En esta investigación, la población será la carretera en estudio y toda el área de influencia.

2.2.3. Muestra

El muestreo para esta investigación es no probabilístico, puesto que, no se sigue ningún modelo probabilístico.

Para realizar esta tesis tomamos el tramo de las progresivas Km 21 al Km 25 la cual se ubica en la carretera Chaquilbamba - Habas Horco a la cual clasificamos como carretera de tercera clase, ya que posee un IMDA < a 400 veh/día Tabla 1. Se debe realizar 2 calicatas x km y estas se ubicarán longitudinalmente Tabla 3, con una medida de 1m de ancho x 1m de largo x 1.50 de profundidad.

El ensayo CBR según la Tabla 4 se debe de realizar uno por cada 2 kms, pero para la presente tesis, al encontrar diferencias considerables en los porcentajes de humedad, consideraremos realizar un ensayo CBR por cada km dando así 4 muestras para ser analizadas. Para esto analizaremos el estrato en estado natural (sin adición) obtenido a 1.50m de profundidad respecto al nivel de la subrasante, entonces tendremos el estrato cada una de las 4 calicatas a ser estudiadas, y para cada una se genera 3CBR en estado natural, 12 CBR con adición de cal y el aditivo Quim Kd-40 en diferentes porcentajes. Generando así un total de 60 muestras.

Tabla 12: Cantidad de ensayos CBR

ADICIONANTES	DOSIFICACIÓN	C1	C3	C5	C7	TOTAL
--------------	--------------	----	----	----	----	-------

Suelo Natural	-	3	3	3	3	6
Cal	2%	3	3	3	3	6
	4%	3	3	3	3	6
Quim kd-40	2%	3	3	3	3	6
	4%	3	3	3	3	6
TOTAL		15	15	15	15	60

Fuente: Elaboración propia

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnica de recolección de Datos

La técnica que se utilizará en esta investigación es la observación ya que esta técnica permite al investigador tener un registro visual del el fenómeno que se está estudiando.

2.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos para la recolección de datos fueron las siguientes: equipos de laboratorio para realizar los ensayos a las muestras en su estado y con los diferentes porcentajes de adición de cal hidratada y Quim kd-40, ,también se utilizó equipo de cómputo (para procesar los datos), información bibliográfica, sugerencias e investigaciones de otros tesisas, manuales de laboratorio para seguir los pasos de acuerdo a las normas de cada ensayo dichos manuales actualizados, equipos fotográficos, calculadoras y materiales de apunte.

El instrumento que nos permite recolectar los datos es la ficha de observación en la cual tomaremos nota a detalle las medidas, formas, colores y cantidades de nuestras muestras.

2.3.3. Instrumento de Análisis de Datos

La técnica empleada para esta investigación será la inferencia estadística porque se está empleando un diseño experimental y nos permite conocer cuál será la posible conducta de una población. Y como instrumento de análisis de datos tenemos al Microsoft Excel, en el cuál realizaremos gráficos estadísticos, tablas de frecuencia.

Para el análisis de datos utilizaremos el software SPSS, el cual es un programa estadístico en el que se realizará la prueba de normalidad Shapiro Wilk, seguido se procede al análisis de varianza ANOVA, para después realizar el análisis de homogeneidad de varianza para finalmente realizar la prueba de Turkey.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Procedimiento de Recolección de Datos

La investigación muestra de varias etapas, la cual inicia con la excavación de las calicatas y extracción de muestras para ser transportadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte, sede San Isidro-Trujillo, dicha transportación se realizará en sacos emplastificados para el mejor cuidado de las muestras. Luego se realizarán ensayos al terreno en su estado natural, también se realizaran ensayos del terreno adicionándolo 2% y 4% de cal hidratada y de aditivo Quim kd-40.

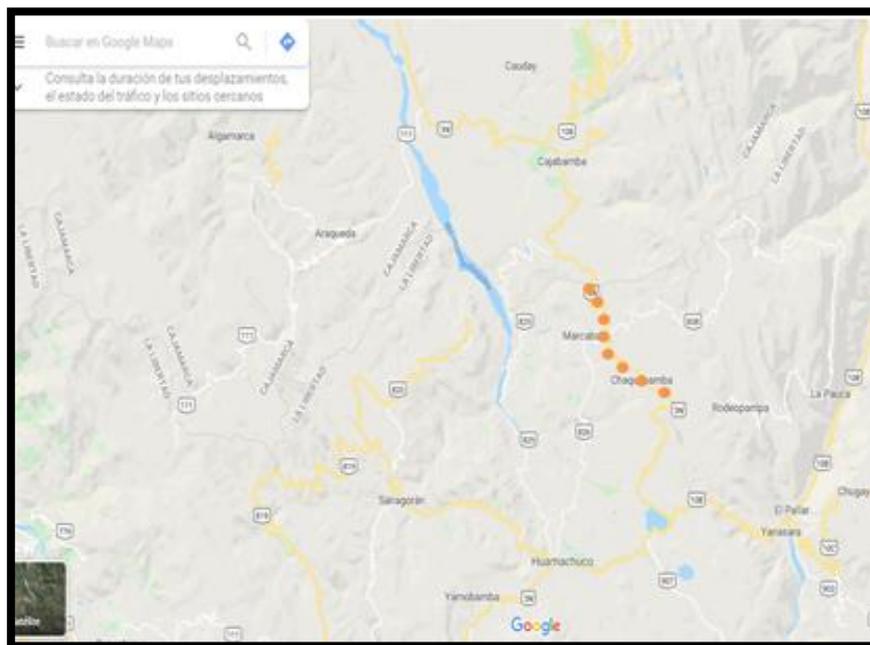


Ilustración 1: Ubicación de Lugar de estudio

Fuente: Elaboración Propia.





Ilustración 2: Excavación de las Calicatas

Fuente: Elaboración Propia.

2.4.1.1. Exploración, Muestreo y obtención del Material

Para la obtención de las muestras se realizará 8 calicatas en el tramo Chaquimbamba-Habas Horco la cual tiene una longitud de 4 kms. En este tramo se realizará calicatas de 1m x 1m x 1.5m de profundidad. Este material obtenido se recolectará en sacos y será trasladado al Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte, sede San Isidro-Trujillo, donde será analizado con los ensayos respectivos.

2.4.1.2. Contenido de Humedad

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma AASTHO, Grupos de suelos B, C o D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corrosibles a una temperatura entre aproximadamente 3 °C y 30 °C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en

recipientes de tal manera que se prevenga o minimice la condensación de humedad
en el interior del contenedor.



Ilustración 3: Contenido de Humedad

Fuente: Elaboración Propia.

Equipos y Materiales:

- Horno de secado
- Balanzas
- Recipiente
- También es muy necesario tener al alcance otros tipos de utensilios, para una mejor manipulación de los materiales como guantes, espátulas, etc.

2.4.1.3. Clasificación SUCS

Dependiendo del contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólido, semisólido, plástico y líquido.

2.4.1.4. Clasificación Aashto

Los suelos clasificados dentro los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares de los cuales 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz N° 200. Los suelos que tienen más del 35% de partículas que pasan a través del tamiz N° 200 se clasifican dentro de los grupos de material fino A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos suelos son principalmente limo y materiales de tipo arcilla.

2.4.1.5. Análisis Granulométrico por Tamizado (MTC E107 - ASTM D 422)

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones el modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)



Ilustración 4: Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado-Lavado Malla #200

Fuente: Elaboración Propia

Equipos y Materiales

- Balanza
- Horno
- Tamices

Procedimiento

- Secar la muestra.
- Pesar la muestra seca (W_s).
- Pasar la muestra por el juego de tamices, agitando en forma manual.
- Pesar el material retenido en cada tamiz y el fondo.

Nota: Sumar todos los pesos retenidos parciales $\sum PRP$, determinar la siguiente diferencia ($W_s - \sum PRP$), si el resultado es menor del 3%, del (W_s), el error es aceptable y se corregirá tal error repartiendo a todos los PRP , de lo contrario se repartirá el ensayo.

Cálculos e informe

$$\%RP = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Ecuación 1: Porcentaje retenido en cada Tamiz

$$\% \text{ pasa} = 100 - \% \text{ retenido acumulado}$$

Ecuación 2: Porcentaje acumulado que pasa en cada Tamiz

2.4.1.6. Límites de Atterberg

2.4.1.6.1. Límite Líquido

El límite líquido lo fija el contenido de agua (expresado en porciento de pesos seco), que debe tener un suelo remoldado para que una muestra del mismo, en que se haya practicado una ranura de dimensiones estándar, al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos, se cierre sin resbalar en su apoyo.

- Una vez preparada una pasta de suelo en la cápsula de porcelana con una humedad ligeramente superior al límite líquido.

- Desmontar y secar la cápsula de la máquina de Casagrande, asegurándose que ella se encuentre perfectamente limpia y seca antes de iniciar el procedimiento.
- Montar la cápsula en su posición para el ensayo.
- Colocar entre 10 y 15 gramos de suelo húmedo en la cápsula, alisando la superficie a una altura de 1 cm con la espátula, cuidando de no dejar burbujas de aire en la masa de suelo.
- Proceso de calibrado de la Copa Casagrande Muestra de suelo húmeda y apisonada en Copa Casagrande
- Usando el acanalador separar el suelo en dos mitades según el eje de simetría de la cápsula.
- Girar la manivela de manera uniforme a una velocidad de dos revoluciones/seg (2rev/seg); continuar hasta que el surco se cierre en $\frac{1}{2}$ " de longitud; anotar el número de golpes, en número de golpes tiene que ser inferior a 40.
- Revolver el suelo en la cápsula de Casagrande con la espátula y repetir las operaciones e) y f). Hacer 2-3 sobre 25 golpes.
- Tomar una muestra de aproximadamente 5 g de suelo en la zona donde se cerró el surco y pesarla de inmediato para obtener su contenido de humedad, lo que permitirá obtener un punto en el gráfico semi- logarítmico de humedad vs número de golpes que se describe más Muestra de suelo ranurada por el acanalador lista para el ensayo
- Después meter la muestra al horno para obtener el peso del suelo seco. Para el desarrollo de este se ensayó se debe tomar una muestra de suelo de la copa

Casagrande y ponerla en una tarita, luego en el horno deberá mantenerse a una temperatura de 110 °C y en un rango de tiempo de 18 a 24 horas.



Ilustración 5: Límite Líquido con Muestra Natural.

Fuente: Elaboración Propia

Equipos y Materiales:

- Taras
- Espátula convencional para pulir y homogenizar la superficie de la muestra en la copa de Casa Grande
- Balanza
- Copa de Casa Grande
- Horno
- Ranurador

2.4.1.6.2. Límite Plástico

El límite plástico lo fija el contenido de agua con que comienza a agrietarse un rollo formado por el suelo, de aproximadamente 3.2 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa, no absorbente, que puede ser una placa de vidrio.



Ilustración 6: Limite Plástico de Cada Muestra.

Fuente: Elaboración Propia

2.4.1.7. Ensayo de Proctor Modificado

Esta prueba consiste en compactar el suelo en cuestión en tres capas dentro de un molde de dimensiones y forma determinadas por medio de golpes de un pisón, que se deja caer libremente desde una altura especificada.

Con este procedimiento de compactación Proctor estudió la influencia que ejercía en el proceso el contenido inicial del agua en el suelo, encontrando que tal valor era de vital importancia en la compactación lograda. En efecto observó que a contenidos de humedad crecientes, a partir de valores bajos, se obtenían más altos pesos específicos secos y, por lo tanto, mejores compactaciones del suelo, pero que esa tendencia no se mantenía indefinidamente, sino que la pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones.



Ilustración 7: Ensayo de Proctor Modificado del Suelo en estado natural

Fuente: Elaboración Propia

Equipos:

- Molde cilíndrico de 4 a 6 pulgadas y con una altura de 4,584 pulg.
- Pison o martillo, el pison debe caer libremente a una altura de 18 pulg.
- Balanza
- Horno
- Regla metálica
- Cucharón
- Fuentes
- Probetas

2.4.1.8. Ensayo CBR

El ensayo CBR (ensayo de Relación de Soporte de California), mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte pero, de la aseveración anterior, es evidente que éste número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica al estado en el cuál se encontraba el suelo durante el ensayo. De paso, es interesante comentar que el experimento puede hacerse en el terreno o en un suelo compactado. El CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria (por pulgada cuadrada) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración dentro de la muestra de suelo compactada a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo determinado utilizando el ensayo de compactación estándar (o modificada).

A menudo se compactan dos moldes de suelo: uno para penetración inmediata y otro para penetración después de dejarlo saturar por un periodo de 96 horas; este último se sobrecarga con un peso similar al del pavimento pero en ningún caso menor que 4.5 kg. Es necesario durante este periodo tomar registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente.

En ambos ensayos, se coloca una sobrecarga sobre la muestra de la misma magnitud de la que se utiliza durante el ensayo de expansión. El ensayo sobre la muestra saturada cumple dos propósitos:

- Dar información sobre la expansión esperada en el suelo bajo la estructura de pavimento cuando el suelo se satura.

- Dar indicación de la pérdida de resistencia debida a la saturación en el campo.

El ensayo de penetración se lleva a cabo en una máquina de compresión utilizando una velocidad de deformación unitaria de 1.27 mm/min. Se toman lecturas de carga versus penetración cada 0.64 mm de penetración hasta llegar a un valor de 5.0 mm a partir del cual se toman lecturas con velocidades de penetración de 2.5 mm/min hasta obtener una penetración total de 12.7 mm.

El valor del CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos, principalmente con fines de utilización como base y subrasante bajo pavimentos de carreteras y aeropistas.



Ilustración 8: Ensayo de CBR realizados para el suelo natural y con los dos aditivos

Fuente: Elaboración Propia

Equipo

- Equipo de CBR:
- Molde de compactación (con collar y base)
- Disco espaciador

- Martillo de compactación
- Aparato para medir la expansión con deformímetro de carátula con precisión de 0.01 mm
- Pesos para sobrecarga
- Máquina de compresión equipada con pistón de penetración CBR capaz de penetrar a una velocidad de 1.27 mm/min

2.4.2. Procedimiento de Análisis de Datos

2.4.2.1. Prueba de Normalidad

Se conoce como prueba de normalidad cuando los datos correspondientes a la variable dependiente se encuentran distribuidos a través de toda su población, y para una muestra que presenta menos de 50 muestras se trabaja con la forma Shapiro Wilk.

Esta prueba presenta la siguiente hipótesis. (Góngora, 2019)

H_0 = Hipótesis Nula, la variable de la población tiene distribución normal

H_1 = Hipótesis alterna, la variable de la población es distinta a la distribución normal.

2.4.2.2. Análisis de Varianza (ANOVA)

Este método estudia dos o más conjuntos con el único fin de establecer si los datos tienen similitudes en sus procesos o en los resultados que estos presenten, si la variación es significativa existe un efecto de interacción (Góngora, 2019)

2.4.2.3. Homogeneidad de Varianza

Se conoce así cuando la varianza que presentan los resultados son constantes en cada uno de los niveles de un factor. (Góngora, 2019)

2.4.2.4. Prueba de Turkey

Sirve para experimentar las diferencias entre medias de tratamientos de una experiencia, para lo cual se requiere que el número de repeticiones sea constante a través del ANOVA. Esta prueba se utiliza cuando el tamaño de las muestras son

iguales en cada grupo para comparar promedios entre dos grupos, además que son múltiples comparaciones. (Góngora, 2019)

3. RESULTADOS

Los resultados están desarrollados de acuerdo a la Operacionalización de variables.

3.1. Ensayos para Clasificar el suelo.

Los siguientes ensayos son realizados para las 8 calicatas que son objeto de estudio para la presente tesis.

3.1.1. Contenido de Humedad

En la Tabla 12 se detalla el resultado de contenido de humedad de las muestras obtenidas. Estos ensayos fueron realizados como indica la norma NTP 339.127.

Tabla 13: Contenido de Humedad

N° CALICATA	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
Calicata 1	14.16
Calicata 2	15.77
Calicata 3	22.43
Calicata 4	18.55
Calicata 5	15.84
Calicata 6	18.32
Calicata 7	17.54
Calicata 8	20.55

Fuente: Base de datos propia

3.1.2. Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado-Lavado

En la Tabla 13 se detalla el resultado del análisis granulométrico de las muestras obtenidas. Estos ensayos fueron realizados como indica la norma NTP 339.128.

Tabla 14: Porcentaje de material obtenido en cada muestra

N° CALICATA	GRAVA	ARENA			MATERIAL FINO
		Gruesa	Media	Fina	
Calicata 1	12.86%	3.50%	8.42%	12.08%	63.14%
Calicata 2	12.32%	8.66%	10.42%	5.88%	62.72%
Calicata 3	5.34%	10.32%	12.22%	5.56%	66.56%
Calicata 4	5.20%	6.86%	10.90%	5.80%	71.24%
Calicata 5	0.36%	2.80%	6.84%	5.18%	84.82%
Calicata 6	2.26%	11.26%	22.02%	17.68%	46.78%
Calicata 7	1.70%	8.20%	14.86%	12.88%	62.36%
Calicata 8	1.90%	9.24%	15.46%	11.66%	61.74%

Fuente: Base de Datos propia

3.1.3. Límite Líquido (LL), Límite Plástico(LP) e Índice de Plasticidad (IP)

En la Tabla 14 se muestran los resultados correspondientes a los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de las muestras obtenidas. Estos ensayos fueron realizados como indica la norma NTP 339.129.

Tabla 15: Límites de las diferentes muestras

Nº CALICATA	LL	LP	IP
Calicata 1	48.50	19.72	28.78
Calicata 2	48.50	25.67	22.83
Calicata 3	41.25	20.48	20.77
Calicata 4	50.50	29.00	21.50
Calicata 5	46.75	23.88	22.87
Calicata 6	50.25	18.58	31.67
Calicata 7	52.50	29.44	23.06
Calicata 8	46.10	21.56	24.58

Fuente: Base de Datos propia

3.1.4. Clasificación de Suelo- SUCS

En la Tabla 15 se muestran los resultados al clasificar los suelos según el sistema SUCS. Esta clasificación fue realizada bajo la norma ASTM D-2487

Tabla 16: Clasificación del suelo por el método SUCS

Nº CALICATA	Clasificación de suelos SUCS
Calicata 1	CL
Calicata 2	CL
Calicata 3	CL
Calicata 4	MH-OH
Calicata 5	MH-OH
Calicata 6	CH
Calicata 7	CH
Calicata 8	CH

Fuente: Base de Datos propia

3.1.5. Clasificación de Suelo- AASHTO

En la **Tabla 16** se muestran los resultados al clasificar los suelos según el sistema AASHTO. Esta clasificación fue realizada bajo la norma M-145

Tabla 17: Clasificación del suelo por el método AASHTO

Nº CALICATA	Clasificación de suelos AASHTO
Calicata 1	A-7-6
Calicata 2	A-7-6
Calicata 3	A-7-6
Calicata 4	A-7-6
Calicata 5	A-7-6
Calicata 6	A-7
Calicata 7	A-7
Calicata 8	A-7

Fuente: Base de Datos propia

3.2. Proctor Modificado del Suelo en estado natural

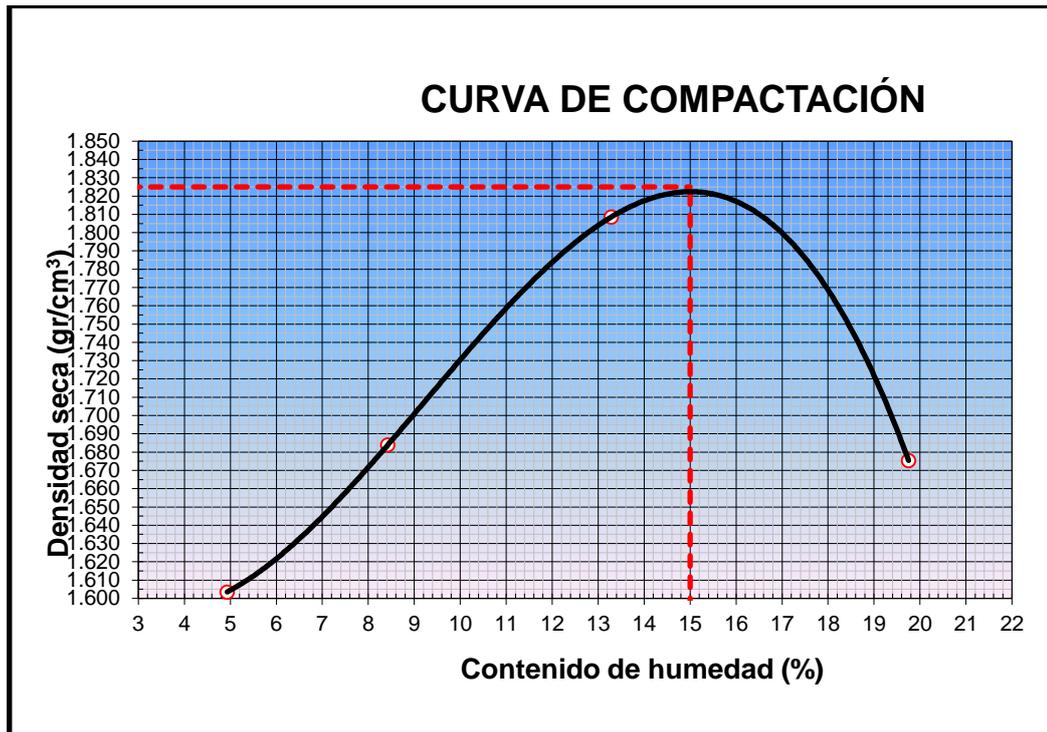
En la Tabla 17 y Tabla 18 se detalla el resultado obtenido del ensayo Proctor Modificado para el suelo en estado natural de las muestras obtenidas de la C1, C3, C5 y C7. Este ensayo se realizó bajo la norma NTP 339.141

Tabla 18: Proctor Modificado de C1

Nº de ensayo	Densidad Máxima Seca	Humedad Óptima
Ensayo 1	1.60	4.85
Ensayo 2	1.68	8.37
Ensayo 3	1.81	13.43
Ensayo 4	1.68	19.52
Densidad máxima (gr/cm ³)		1.825
Humedad óptima (%)		15

Fuente: Base de datos propia

Gráficos 1: Proctor Modificado de C1



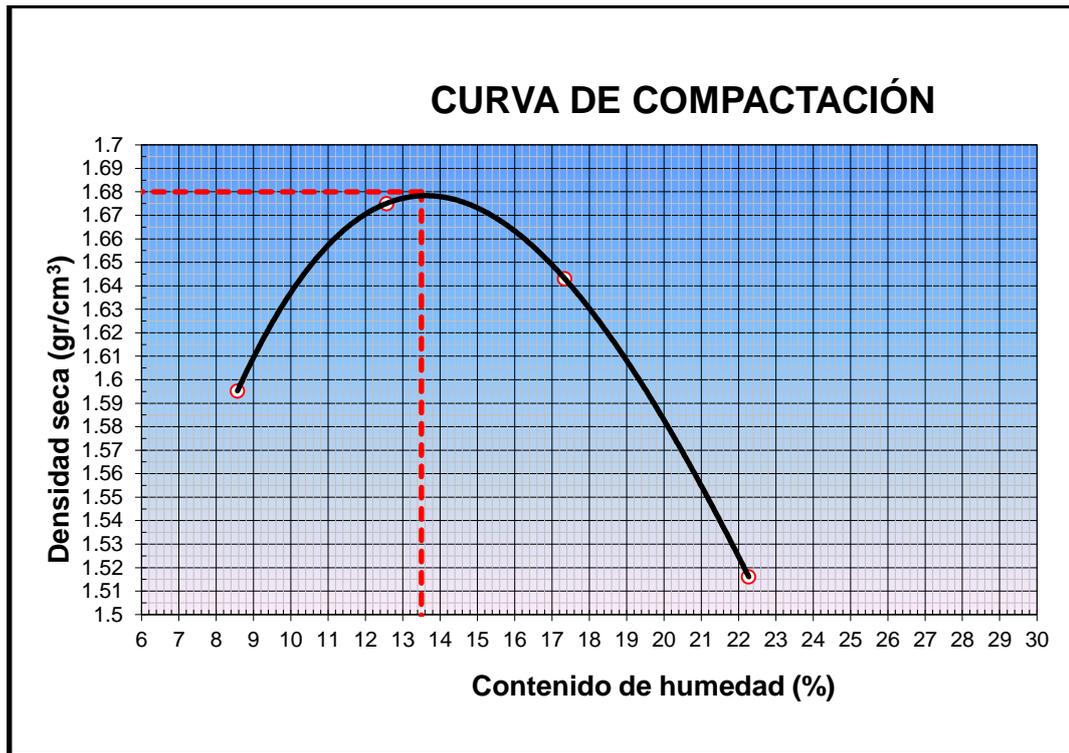
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Proctor Modificado de la C3

Nº de ensayo	Densidad Máxima Seca	Humedad Óptima
Muestra 1	1.60	8.79
Muestra 2	1.68	12.56
Muestra 3	1.64	17.33
Muestra 4	1.52	25.31
Densidad máxima (gr/cm3)		1.68
Humedad óptima (%)		13.5

Fuente: Base de datos propia

Gráficos 2: Proctor Modificado de C3



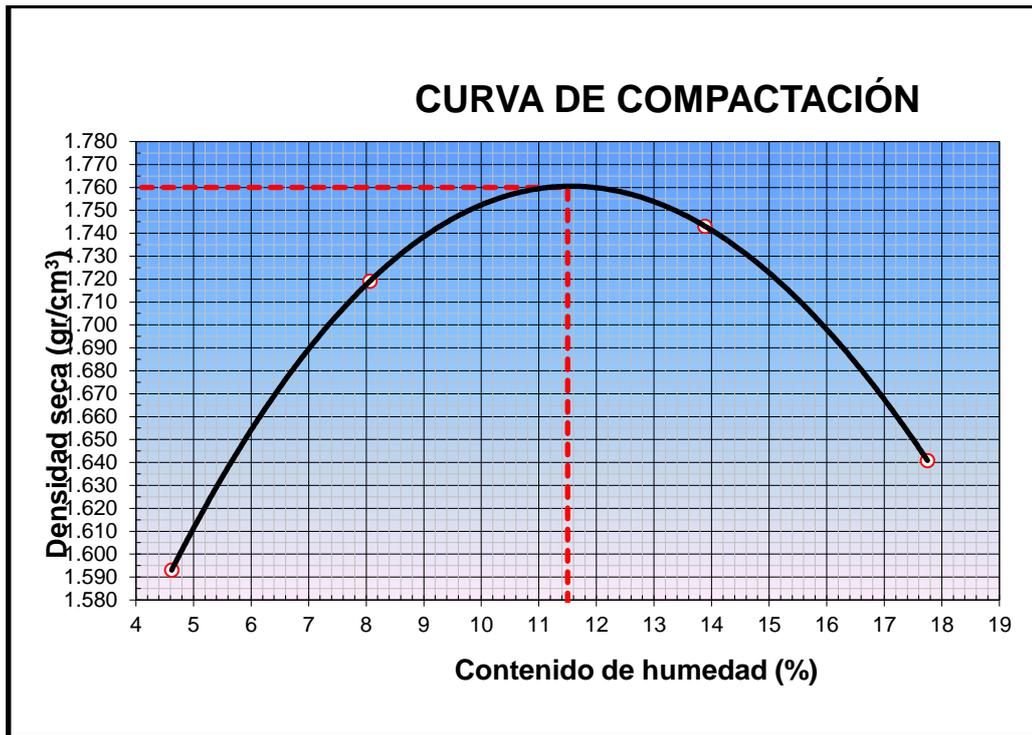
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Proctor Modificado de la C5

N° de ensayo	Densidad Máxima Seca	Humedad Óptima
Muestra 1	1.59	4.62
Muestra 2	1.72	8.02
Muestra 3	1.74	13.93
Muestra 4	1.64	17.42
Densidad máxima (gr/cm ³)		1.76
Humedad óptima (%)		11.5

Fuente: Base de datos propia

Gráficos 3: Proctor Modificado de C5



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Ensayos CBR realizados al suelo en estado natural, con adición de Cal Hidratada y con adición del aditivo Quim Kd-40

En la Tabla 19 y Tabla 20 se detalla el resultado obtenido del ensayo CBR para el suelo en estado natural de las muestras obtenidas de la C1 y C5.

3.3.1. CBR de Calicata 1

Tabla 21: Resumen de los ensayos CBR al 100% de la C1

CBR	CBR AL 100% MDS(0.1")			CBR AL 100% MDS(0.2")		
	1	2	3	1	2	3
CBR PATRÓN	3.7	2.17	0.81	4.16	2.46	1.56
CBRCON ADICIÓN DEL 2% CAL	16.91	9.12	5.73	18.49	9.7	5.06
CBRCON ADICIÓN DEL 4% CAL	3.11	16.24	9.12	37.59	19.17	9.92
CBR +2% Quim kd-40	18.27	9.63	6.07	19.39	10.26	5.86
CBR +4% Quim kd-41	19.62	9.12	5.05	20.29	10.37	6.31

Fuente: Bases de datos propia

3.3.2. CBR de Calicata 3

Tabla 22: Resumen de los ensayos CBR al 100% de la C3

CBR	CBR AL 100% MDS(0.1")			CBR AL 100% MDS(0.1")		
	1	2	3	1	2	3
CBR PATRÓN	3.86	2.68	2	3.93	3.14	2.35
CBRCON ADICIÓN DEL 2% CAL	16.41	8.44	5.05	18.15	9.24	5.4
CBRCON ADICIÓN DEL 4% CAL	28.75	15.9	10.48	32.43	20.29	11.28
CBR +2% Quim kd- 40	17.25	8.78	4.54	18.04	11.73	6.99
CBR +4% Quim kd- 41	21.48	14.37	10.65	22.09	18.38	12.29

Fuente: Base de datos propia

3.3.3. CBR de Calicata 5

Tabla 23: Resumen de los ensayos CBR al 100% de la C5

CBR	CBR AL 100% MDS(0.1")			CBR AL 100% MDS(0.2")		
	1	2	3	1	2	3
CBR PATRÓN	4.03	2.34	2	4.5	2.58	1.78
CBRCON ADICIÓN DEL 2% CAL	15.9	8.11	4.71	16.46	8.45	4.39
CBRCON ADICIÓN DEL % CAL	31.11	15.22	8.11	34	16.69	8.79
CBR +2% Quim kd-40	21.48	15.9	13.53	22.21	17.82	12.07
CBR +4% Quim kd-41	25.03	16.91	11.33	27.26	18.27	14.89

Fuente: Base de datos propia

3.3.4. CBR de Calicata 7

Tabla 24: Resumen de los ensayos CBR al 100% de la C7

CBR	CBR AL 100% MDS(0.1")			CBR AL 100% MDS(0.1")		
	1	2	3	1	2	3
CBR PATRÓN	1.83	0.98	0.64	2.69	1.67	1.33
CBRCON ADICIÓN DEL 2% CAL	14.21	7.09	3.7	15.56	6.99	3.93
CBRCON ADICIÓN DEL 4% CAL	28.41	19.96	13.87	30.41	21.64	14.43
CBR +2% Quim kd-40	13.53	7.77	5.73	16.46	11.73	8.34
CBR +4% Quim kd-41	15.56	10.48	6.75	18.72	13.98	8.79

Fuente: Base de datos propia

3.4. Validación de Hipótesis mediante Análisis Estadístico

3.4.1. Prueba de Normalidad

Tabla 25: Prueba de Normalidad de CBR+ 2% de Cal+ 2% del aditivo Quim kd-40

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)			
	Estadístico	gl	Sig.
Suelo Natural	,750	4	,074
Suelo Natural + 2%Cal	,912	4	,436
Suelo Natural + 2%Quim Kd-40	,986	4	,936

Fuente: Software Estadístico SPSS

Tabla 26: Prueba de Normalidad de CBR+ 2% de Cal+ 2% del aditivo Quim kd-40

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)			
	Estadístico	gl	Sig.
Suelo Natural	,750	4	,074
Suelo Natural + 4%Cal	,783	4	,495
Suelo Natural + 4%Quim Kd-40	,997	4	,989

Fuente: Software Estadístico SPSS

De las tablas anteriores podemos observar que la distribución es normal, por la cual aceptamos la hipótesis nula, puesto que todos los valores son superiores al 0.05

3.4.2. Homogeneidad de Varianza

Tabla 27: Análisis de Homogeneidad de Varianza

Resultado	G11	G12	Sig
Se basa en la media	4	15	.194

Fuente: Software Estadístico SPSS

De la tabla 27 podemos observar que el Sig es mayor que 0.05 entonces aceptamos la hipótesis nula.

3.4.3. Análisis de Varianza (ANOVA)

Tabla 28: Análisis de Varianza

ANOVA					
Resultados de CBR	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1454,826	4	363,706	58,938	,000
Dentro de grupos	92,565	15	6,171		
Total	1547,390	19			

Fuente: Software Estadístico SPSS

Podemos observar que se encontró una significancia de 0.000 que es menor a 0.05, por lo cual aceptamos la hipótesis alterna, esto quiere decir que existe una diferencia significativa en los valores CBR.

3.4.4. Prueba de Turkey

En la siguiente tabla podemos observar las comparaciones múltiples de los ensayos CBR, en el cuál podemos observar que los resultados si son significativos

Tabla 29: Prueba de Turkey en comparaciones múltiples

(I) N° De Calicatas	(J) N° De Calicatas	Comparaciones múltiples			Intervalo de confianza al 95%	
		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Suelo Natural	2% Cal	-12,50250*	1,75656	,000	-17,9266	-7,0784
	2% Quim Kd 40	-14,27750*	1,75656	,000	-19,7016	-8,8534
	4% Cal	-26,49000*	1,75656	,000	-31,9141	-21,0659
	4% Quim Kd 40	-17,06750*	1,75656	,000	-22,4916	-11,6434
2% Cal	Suelo Natural	12,50250*	1,75656	,000	7,0784	17,9266
	2% Quim Kd 40	-1,77500	1,75656	,847	-7,1991	3,6491
	4% Cal	-13,98750*	1,75656	,000	-19,4116	-8,5634
	4% Quim Kd 40	-4,56500	1,75656	,121	-9,9891	,8591
2% Quim Kd 40	Suelo Natural	14,27750*	1,75656	,000	8,8534	19,7016
	2% Cal	1,77500	1,75656	,847	-3,6491	7,1991
	4% Cal	-12,21250*	1,75656	,000	-17,6366	-6,7884
	4% Quim Kd 40	-2,79000	1,75656	,526	-8,2141	2,6341
4% Cal	Suelo Natural	26,49000*	1,75656	,000	21,0659	31,9141
	2% Cal	13,98750*	1,75656	,000	8,5634	19,4116
	2% Quim Kd 40	12,21250*	1,75656	,000	6,7884	17,6366
	4% Quim Kd 40	9,42250*	1,75656	,001	3,9984	14,8466
4% Quim Kd 40	Suelo Natural	17,06750*	1,75656	,000	11,6434	22,4916
	2% Cal	4,56500	1,75656	,121	-,8591	9,9891
	2% Quim Kd 40	2,79000	1,75656	,526	-2,6341	8,2141
	4% Cal	-9,42250*	1,75656	,001	-14,8466	-3,9984

Fuente: Software Estadístico SPSS

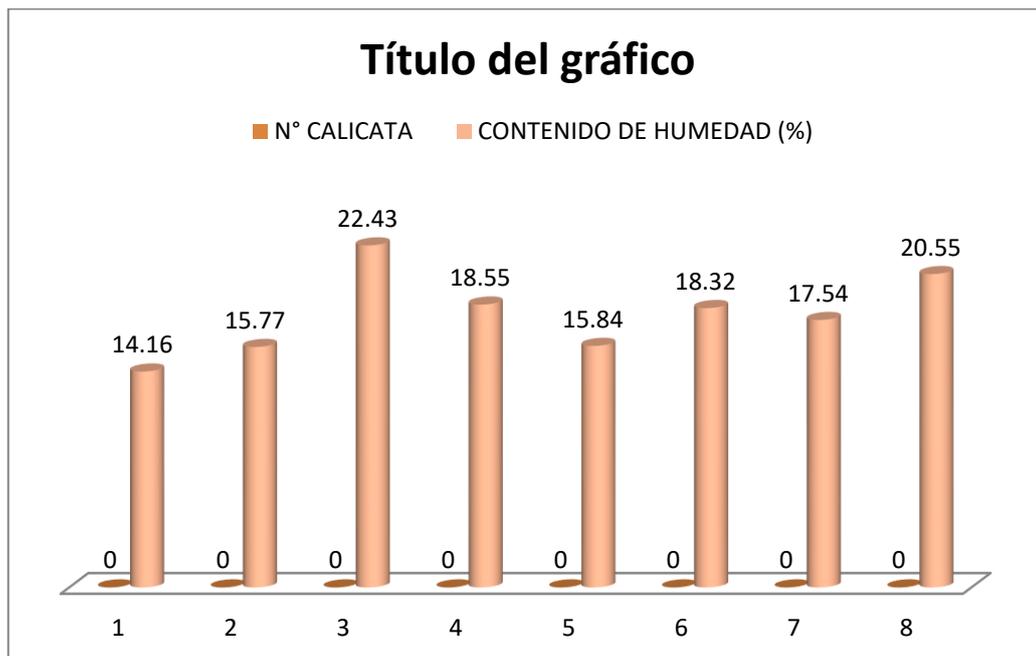
4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. DISCUSIÓN

4.1.1. Contenido de Humedad

El contenido de humedad es el primer en ensayo que se realiza para clasificar un suelo, en la **Tabla 12** se muestran los datos obtenidos de las 8 calicatas. Si el contenido de humedad es igual o inferior a la humedad óptima se realiza la compactación normal del suelo y una cantidad de agua, pero si la humedad natural es mayor a la humedad óptima, se deberá aumentar la energía de compactación. El ensayo de contenido de humedad se realizó bajo la Norma NTP 339.127 de las 8 calicatas realizadas en el Tramo Chaquilbamba- Habas Horco, en la carretera Huamachuco- Cajabamba.

Gráficos 4: Contenido de humedad de las 8 calicatas.



Fuente: Elaboración propia.

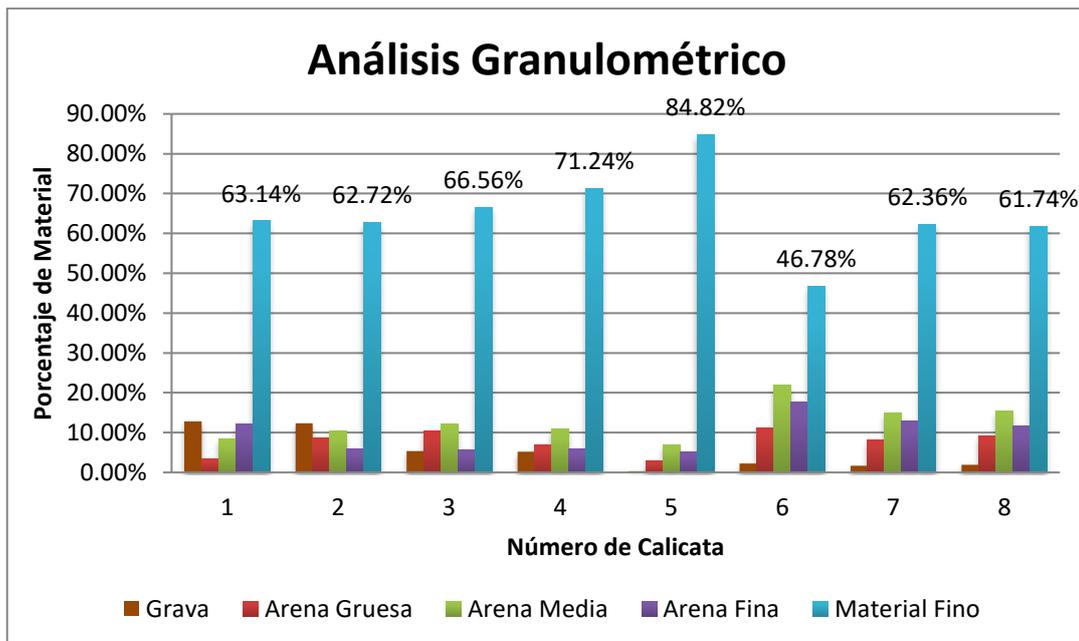
En la gráfico N° 4, se observa que el porcentaje mayor se obtiene en la calicata 3 con un 22.43% y la más baja se obtiene en la C1 con 14.16%, estos valores indican que la presencia de humedad en este tramo es alta.

4.1.2. Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado-Lavado

El ensayo granulométrico por lavado se realiza a este tipo de material, para evitar desperdicios al ser tamizados, o pérdida de material en las ranuras de los tamices. En la

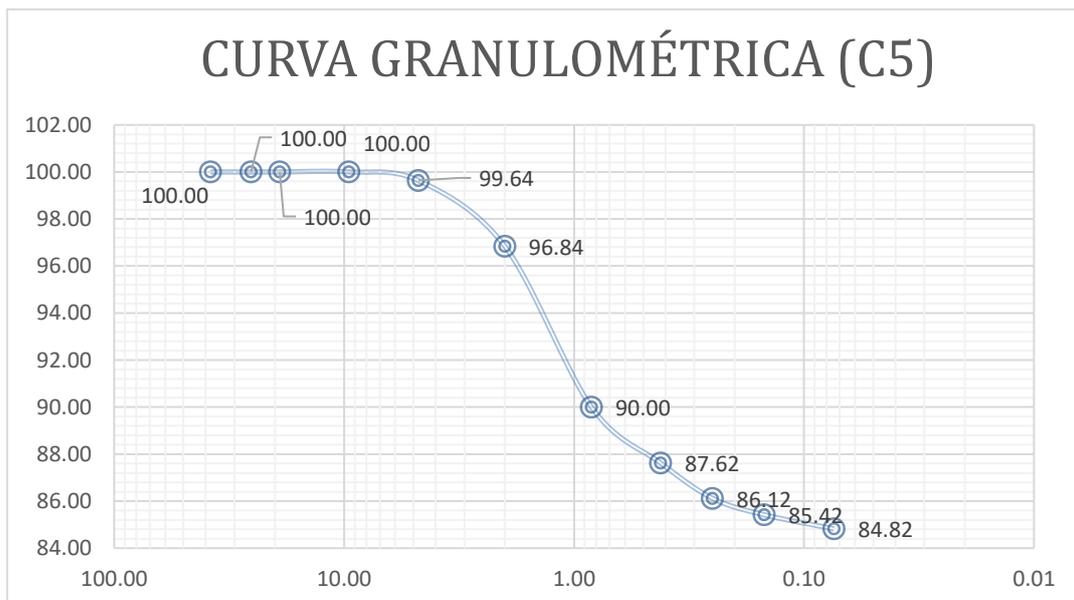
Tabla 13 se muestran los datos obtenidos de las 8 calicatas.

Gráficos 5: Análisis granulométrico de Suelos de las 8 calicatas



Fuente: Elaboración propia.

Gráficos 6: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración propia.

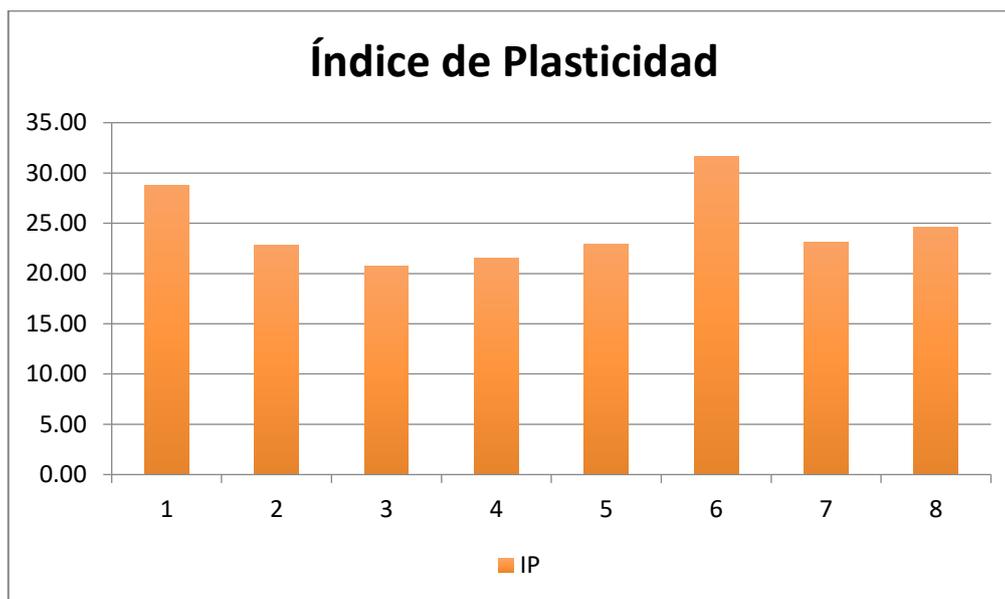
En la gráfico N° 5, se observa gran presencia de material fino en todas las calicatas, obteniendo en la C5 la máxima presencia de material fino con un 84.82% de material fino, y en la C6 con la presencia mínima de material fino, obteniendo un valor de 46.78%. Así también podemos observar que la presencia de gravas es baja, obteniéndose en la C1 12.86%, siendo este el valor más alto de gravas obtenidas a nivel de todas las calicatas y en la C5 obteniendo un valor de 0.36% de presencia de gravas, siendo este el valor más bajo. Además que la presencia de arena gruesa está por debajo del 12%, la arena media por debajo de 23% y la arena fina por debajo del 18%.

En la gráfico N° 6, se muestra la curva granulométrica de la C5, la cual presenta mayor porcentaje de material fino, y el menor porcentaje de gravas.

4.1.3. Límite Líquido (LL), Límite Plástico(LP) e Índice de Plasticidad (IP)

La plasticidad es la propiedad de estabilidad que presenta un material. En la **Tabal 15** se observa que los resultados del Límite líquido (LL) se encuentran entre 41 y 53, teniendo el máximo valor en la C7 siendo LL=52.50 y el valor mínimo LL=41.25 en la C3, todos los valores del límite líquido **Tabla 15** son mucho mayores que los valores del contenido de humedad **Tabla 13**, por lo que se dice que todas las muestras se comportan como material plástico. El Límite plástico (LP) es cuando el suelo pasa de estado plástico a un estado semisólido y se puede romper. En la **Tabla 15** se observa que los resultados varían entre 18 y 30, teniendo el máximo valor de límite plástico en la C4 de LP=29.00 y el valor más bajo en la C6 de LP=18.58. El Índice de plasticidad (IP) es quien indica la magnitud del intervalo de humedades en el cuál un suelo posee plasticidad.

Gráficos 7: Límites de Atterberg de las 8 calicatas.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfico N° 7, se observa que el IP mayor es de 31.67 que se encuentra en la C6 y el valor mínimo es en la C3 de IP=20.77, entonces decimos que tienen una plasticidad alta y son suelos muy arcillosos **Tabla 7**.

4.1.4. Clasificación de Suelo- SUCS y AASHTO

Al realizar la clasificación de los resultados de las calicatas de la carretera Huamachuco-Cajabamba, según la clasificación de suelos – Método AASHTO (tabla N° 17) y método SUCS (tabla N° 16), los agregados se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 30: Resultados de la clasificación de suelos según los métodos de AASHTO y SUCS

N° CALICATA	Clasificación de suelos SUCS	Clasificación de suelos AASHTO
Calicata 1	CL	A-7-6
Calicata 2	CL	A-7-6
Calicata 3	CL	A-7-6
Calicata 4	MH-OH	A-7-6
Calicata 5	MH-OH	A-7-6
Calicata 6	CH	A-7
Calicata 7	CH	A-7
Calicata 8	CH	A-7

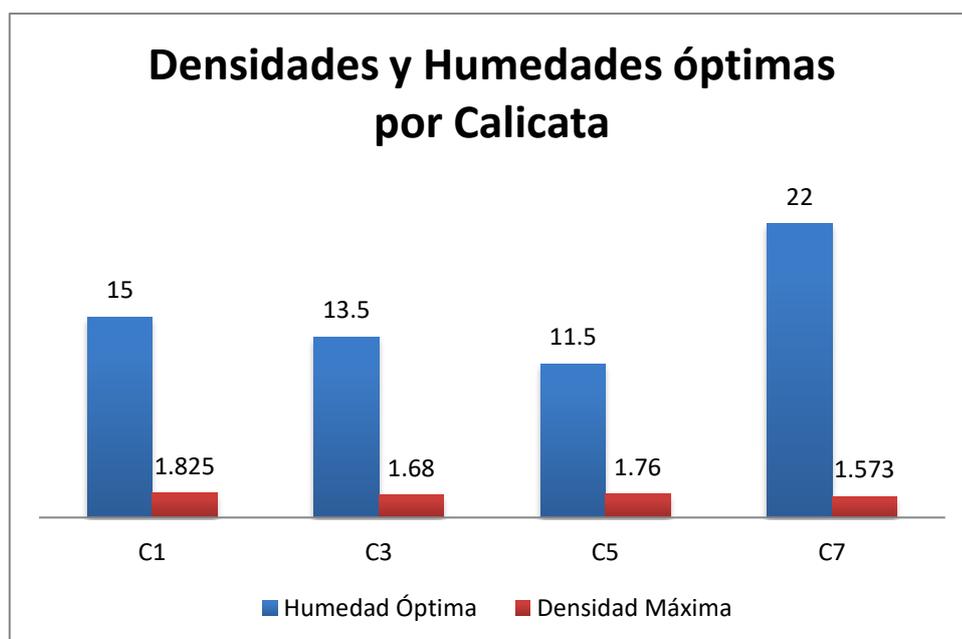
Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 25, se observa que las calicatas 1, 2, 3, pertenecen al tipo de suelo de arcillas inorgánicas ya que son < 50% de finos y las calicatas 4 y 5 cuentan con dos tipos de suelo que son limos inorgánicos y limos y arcillas orgánicas ya que son > 50% de finos y las calicatas 6, 7, 8 pertenece al tipo de suelo de arcillas inorgánicas ya que son < 50% de finos esto es por el método SUCS, las calicatas 1, 2, 3, 4 y 5 pretenden al sub grupo de los materiales Limo- Arcillosos y las calicatas 6, 7 y 8 pertenecen al grupo de los materiales limo- arcillosos ya que pasa más del 35% por el tamiz ASTM # 200 esto es por método AASHTO.

4.1.5. Proctor Modificado del Suelo en estado natural

El ensayo Proctor modificado se realiza para mejorar las propiedades de un suelo por medios mecánicos, con los cuales se disminuye los vacíos y se incrementa la resistencia. Con este ensayo se determina la relación entre peso unitario seco de los suelos y el agua. Para esta investigación se realizó este ensayo ya que se utilizará como subrasante en pavimentos de una carretera. Este ensayo se realizó para las C1, C3, C5 Y C7.

Gráficos 8: Proctor Modificado del Suelo en estado natural

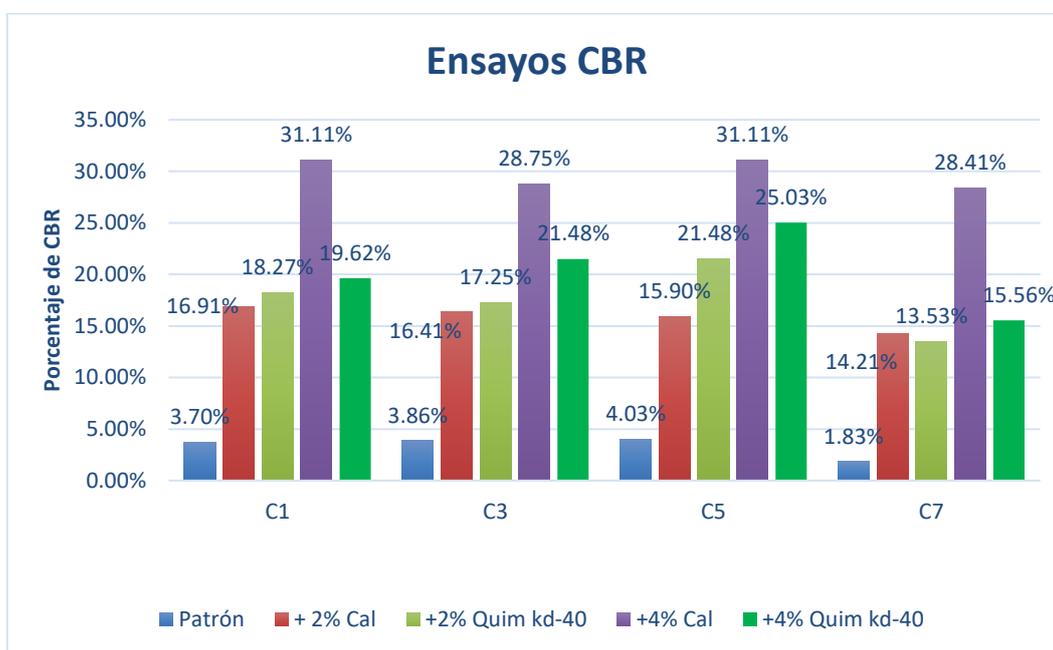


Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Ensayos CBR realizados al suelo en estado natural, con adición de Cal Hidratada y con adición del aditivo Quim Kd-40

El Ensayo Soporte California (CBR) sirve para evaluar la capacidad soporte de los suelos, esto bajo las condiciones de su humedad y densidad Realizando los ensayo de CBR para el suelo en estado natural de las muestras obtenidas de la C1, C3, C5 y C7 adicionando 2 y 4% de Cal Hidratada y el aditivo Quim Kd-40 como estabilizante de subrasantes.

Gráficos 9: Muestras de los Ensayos de CBR



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfico N° 9, se observa los CBR obtenidos, los ensayos CBR del suelo en estado natural varían entre 1.83% y 4.03%, teniendo el mejor CBR en la C5 con un CBR=4.03% y por lo contrario el menor valor CBR se obtiene en la C7 con un valor CBR=1.83%, clasificándolos en la categoría de subrasante tabla N° 10, tenemos que la C7 es subrasante inadecuada por ser <3% tablas N°10, la C1, C3 y C5 son subrasantes insuficientes por estar por ser $\geq 3\%$, pero < 6%. También podemos observar que al agregar 2% de Cal tenemos una mejora significativa en cuanto al CBR, teniendo valores que varían entre 14.21% y 16.91%,

obteniendo el máximo valor en la C1 de CBR=16.91% y el menor valor en la C7 de CBR=14.21%, clasificándolos en la categoría de subrasante tenemos que el CBR de las C1, C3, C5 y C7 son subrasantes buenas ya que son $\geq 20\%$ y menores al 30%.

Y al adicionar 2% del aditivo Quim kd-40 tenemos valores entre 13.53% y 18.27%, en este caso podemos observar que el máximo valor lo obtenemos en la C1 con un CBR=18.27%, y por el contrario el valor mínimo lo obtenemos en la C7 con un CBR=13.53%. Al ser clasificados según categoría también podemos decir que son subrasantes buenas ya que son $\geq 20\%$ y menores al 30%.

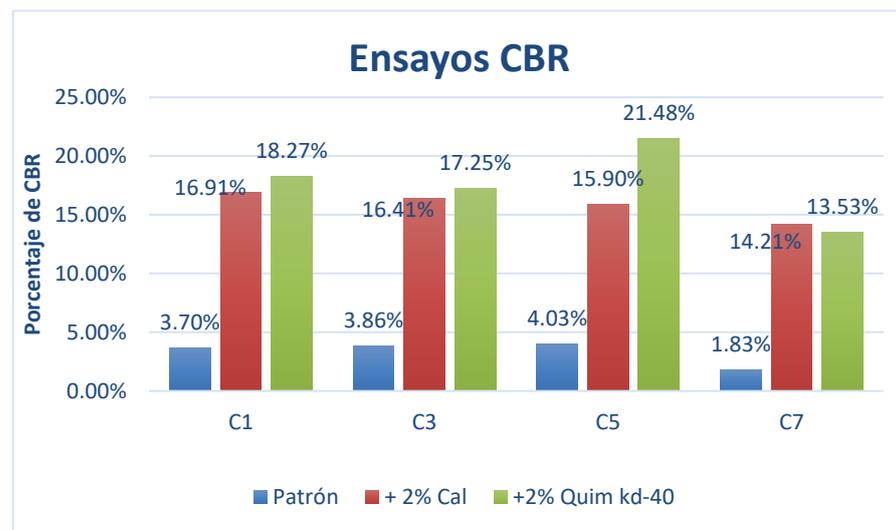
Al adicionar Cal en un 4% podemos observar que las mejoras que se tienen con respecto al CBR patrón, son muy significativas variando entre 28.41 y 31.11, obteniendo un valor máximo en la C1 de CBR=31.11 y el valor mínimo en la C7 con un CBR=28.41. Al ser clasificados según categoría de subrasante podemos decir que la C3 y C7 se encuentran en una subrasante Muy buena, esto a que son $\geq 20\%$ y menores que 30% y las C1 y C7 se encuentran como subrasantes excelentes al tener un CBR $\geq 30\%$.

Al final, podemos observar que al adicionar el aditivo Quim kd-40 en un 4%, también tenemos mejoras significativas con respecto a los CBR patrón, obteniendo resultados de CBR entre 25.03% y 19.62%. Teniendo el máximo valor en la C5 con un CBR=25.03% y con un valor mínimo de CBR=15.56% en la C7. Al ser clasificados según categoría de subrasante podemos observar que la C1 y la C7 son consideradas subrasantes buenas, por ser $\geq 10\%$ y menores al 20%. Y los datos obtenidos a partir de las C3 y C5 podemos decir que son subrasantes muy buenas por tener valores de son $\geq 20\%$ y menores que 30%.

En la gráfico N° 9, podemos observar que al hacer adiciones de Cal y Quim kd-40 en un 2% tenemos mejoras significativas, pasando de subrasantes inadecuadas o insuficientes a subrasantes buenas o muy buenas, pero las mayores mejoras es al adicionar Quim kd-40.

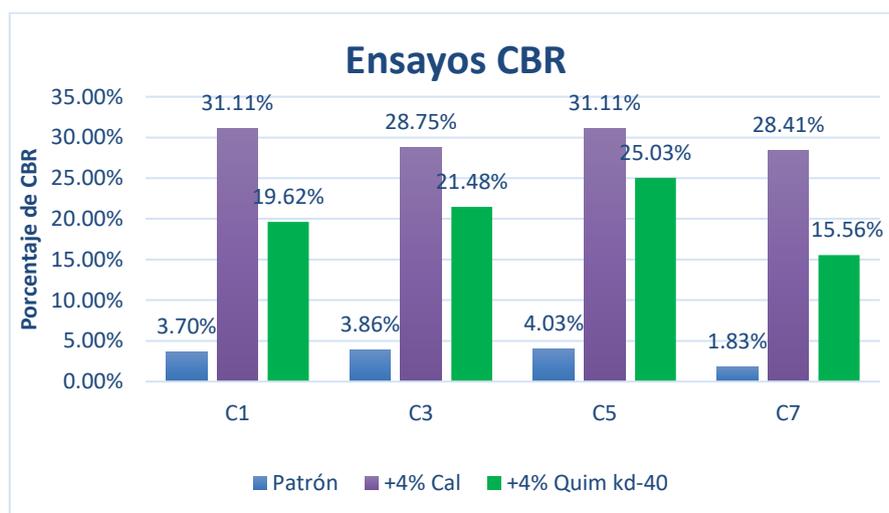
En la gráfico N° 9, podemos observar que al hacer adiciones de 4% tenemos mejoras muy significativas con respecto a los CBR patrón, y también mejoras con respecto a las adiciones de 2%. Al hacer adiciones de 4% obtenemos subrasantes muy buenas y excelentes, pero por el contrario a lo anterior donde se obtuvo mayores mejoras con el aditivo Quim kd-40, acá obtenemos mayores mejoras utilizando Cal.

Gráficos 10: Muestra del Ensayo CBR con 2%.



Fuente: Elaboración propia.

Gráficos 11: Muestra del Ensayo CBR con 4%.



Fuente: Elaboración propia.

4.2. CONCLUSIONES

Se realizó 8 calicatas a lo largo del tramo Chaquilbamba-Habas Horco en la carretera Huamachuco-Cajabamba para sus respectivos ensayos, según el sistema SUCS y AASHTO resultó un suelo arcilloso y mediante el sistema Aashto. Al mismo tiempo se determinó que son suelos con Alta plasticidad.

Se determinó que al adicionar cal en un 2% mejora significativamente las propiedades físicas del suelo, mediante el ensayo CBR realizado para las C1 pasando de un CBR=3.70%(Subrasante Insuficiente) a un CBR=16.91%(Subrasante buena), para la C3 pasando de un CBR=3.86%(Subrasante Insuficiente) a un CBR=16.41%(Subrasante Buena), , para la C5 CBR=4.03%(Subrasante Insuficiente) a un CBR=15.90%(Subrasante Buena), y para la C7 CBR=1.83%(Subrasante Inadecuada) a un CBR=14.21%(Subrasante Buena), y al adicionar 2% de Quim kd-40 también mejora significativamente las propiedades físicas del suelo mediante el ensayo CBR realizado para las C1 pasando de un CBR=3.70%(Subrasante Insuficiente) a un CBR=18.27%(Subrasante buena), para la C3 pasando de un CBR=3.86%(Subrasante Insuficiente) a un CBR=17.25%(Subrasante Buena), para la C5 CBR=4.03%(Subrasante Insuficiente) a un CBR=21.48%(Subrasante Buena), y para la C7 CBR=1.83%(Subrasante Inadecuada) a un CBR=13.53%(Subrasante Buena). Y se concluye que las mejores mejoras en una adición de 2% se obtienen con el aditivo Quim kd-40.

También se determinó que al adicionar cal en un 4% mejora significativamente las propiedades físicas del suelo, mediante el ensayo CBR realizado para las C1 pasando de un CBR=3.70%(Subrasante Insuficiente) a un CBR=31.11%(Subrasante Excelente), para la C3 pasando de un CBR=3.86%(Subrasante Insuficiente) a un CBR=28.75%(Subrasante Muy Buena), , para la C5 CBR=4.03%(Subrasante

Insuficiente) a un CBR=31.11%(Subrasante Excelente), y para la C7 CBR=1.83%(Subrasante Inadecuada) a un CBR=28.41%(Subrasante Muy Buena), y al adicionar 4% de Quim kd-40 la mejora no es tan significativa con respecto a la adición de 2% del mismo aditivo, pero si es una mejora significativa con respecto a las muestras patrón mediante el ensayo CBR realizado para las C1 pasando de un CBR=3.70%(Subrasante Insuficiente) a un CBR=19.62%(Subrasante buena), para la C3 pasando de un CBR=3.86%(Subrasante Insuficiente) a un CBR=21.48% (Subrasante Buena), para la C5 CBR=25.03%(Subrasante Insuficiente) a un CBR=21.48%(Subrasante Buena), y para la C7 CBR=1.83%(Subrasante Inadecuada) a un CBR=15.56%(Subrasante Buena). Y se concluye que las mejores mejoras en una adición de 4% se obtienen con la cal.

4.3. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para estabilizar la subrasante de este tramo se utilice la cal en un 4%, ya que haciendo esto las propiedades físicas del suelo aumentan significativamente convirtiéndolo en una subrasante muy buen o excelente.
- Se recomienda realizar estudios de este suelo adicionando mayores porcentajes de cal, hasta obtener el mayor % de cal, antes que los valores empiecen a bajar.
- Se recomienda realizar estudios de costo/beneficio entre estos dos materiales para saber hasta qué punto puedo utilizar un material u el otro, teniendo como referencia que en este proyecto el costo por 1 kg de aditivo Quim KD-40 es de 0.95 soles y la cal 1 kg cuesta 0.695 soles.

REFERENCIAS

- Addleson, L. (1983). *Materiales de construcción. (Vol. 1)*. España, Barcelona: Reverté, S.A.
- Albán, María Angélica Sánchez. (2014). *Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector calcical del cantón tosagua provincia de Manabí*.
- Aller, Rafael Fernández. (2008). *Estabilización de suelos con cal: actuaciones previas a su ejecución*. España.
- Altamirano, G. J., & Díaz, A. E. (2015). Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la. *Tesis para Título Profesional*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua.
- Análitas Económicos de Andalucía. (2013).
- Anyaypoma, Robinson Jara. (2014). *Efectos de la cal como estabilizante de una subrasante del suelo arcilloso*. Cajamarca.
- ASTM 2487. (s.f.). *Sistema Unificado de Clasificación SUCS*.
- Atarama, E. A. (2015). Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo proes. *Tesis de titulación*. Universidad de Piura, Piura.
- Badilla Vargas, Gustavo; Elizondo Arrieta, Fabián. (2010). *Mejoramiento y estabilización de subrasante con cal*. Costa Rica.
- Badilla, G., & Elizondo, F. (2010). *Mejoramiento y estabilización de subrasantes con cal*. Costa Rica.
- Bauzá, Castelló Juan Diego. (2003). *Estabilización de suelos con cal*.
- Bayas, Erick Giovanni Gavilanes. (2015). *Estabilización y Mejoramiento de subrasante mediante Cal y Cemento para una Obra Vial en el Sector de Santos Pampa bbarrio Colinas sur*. Quito.
- Calcinor. (2015). *Calcinor*. Obtenido de <https://www.calcinor.com/es/actualidad/2018-01-23/cal-estabilizacion-de-suelos/>
- Cañas, Jose Simeon. (2007). *Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz n°. 200 (75 mm) en agregado mineral por lavado*.
- Carballo, Diego Cordero. (2011). *Importancia de la Geotecnia Vial*. Costa Rica.
- Castelló, J. D. (2015). *El tratamiento de los suelos arcillosos con cal*. Madrid.
- Castelló, Juan Diego Bauzá. (2015). *El tratamiento de los suelos arcillosos con cal*. Madrid.
- Castillo, F. V. (2019). *Clasificación e Identificación de los suelos y cimentaciones*.
- Castillo, F. Vilchez. (2019). *Clasificación e Identificación de los suelos y cimentaciones*.
- civil, Apuntes de ingeniería. (2010). *Distribución de tamaño de partículas*.
- Civil, Ingeniería. (2010). *Sistema de clasificación AASHTO*.
- Civil, Ingeniería. (2010). *Sistema de clasificación AASHTO*.
- Comunicación, M. d. (2017). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*.
- Comunicación, Miniaterio de Transportes y. (2017). *Manual de ensayos de materiales*. Perú.
- Cuadros, C. (2017). MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO -MECÁNICAS DE. *Tesis de titulación*. Universidad Peruana los Andes, Huancayo.
- Eddy.H. (2011). *Determinación del porcentaje óptimo de cal*.
- Elizondo Arrieta, F., & Sibaja Obando, D. (2008). *Guía para la Estabilización o Mejoramiento de Rutas no pavimentadas*. San Jose.
- Elizondo Arrieta, F., & Sibaja Obando, D. (2008). *Guía para la Estabilización o Mejoramiento de Rutas no pavimentadas*. San Jose.
- General, S. (2014). *Definición del suelo*.
- Góngora, C. (2019). Influencia de la cal y el cemento portland tipo I en la subrasante de la trocha del distrito de Chillia, provincia de patas - 2019. *Tesis de titulación*. Universidad Privada del Norte, Trujillo.

- Gutiérrez, C. A. (2010). Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (BISCHOFITA) frente al cloruro de calcio. *esis de titulación*. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Hdez, Javier Sant. (2007). *Estabilización de suelos con cal y cemento*.
- Hernández, A. (2016). Análisis comparativo de un material estabilizado con cal y cemento. *Tesis de titulación*. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Higuera Sandoval, C., Gómez Cristancho, J., & Pardo Naranjo, O. (2012). *características de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio*. Colombia.
- INTEREMPRESAS. (11 de Septiembre de 2018). *La estabilización gana puntos respecto a la sustitución del suelo*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/223211-La-estabilizacion-gana-puntos-respecto-a-la-sustitucion-del-suelo.html>
- J.E.Bowles. (2006). *compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía (Proctor estándar)*.
- La Rosa, N. T. (2006). Aplicación del aditivo Quim kd-40 para estabilizar suelos en caminos no pavimentados. *Tesis de titulación*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Medina, Avelardo. (2010). *Instrucción para ensayos de determinación de límites de consistencia (Límites de Atterberg)*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras:Suelos, geología, geotécnica y pavimentos*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras:Suelos, geología, geotécnica y pavimentos*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Ensayo de Materiales*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*.
- MTC. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño geométrico DG-2018*. Perú.
- MTC. (2018). *Manual de diseño Geométrico de Carreteras*.
- Otero, A. V. (2008). *LA CAL*.
- Otero, A. V. (2008). *LA CAL*.
- Perú 21. (07 de Enero de 2014). *El 40% de la red vial nacional aún no está pavimentada*. Obtenido de <https://peru21.pe/economia/40-red-vial-nacional-pavimentada-139539-noticia/>
- Piqueras, V. Y. (2014). *La estabilización de suelos*. Valencia - Madrid.
- QUIMPAC. (2015). Obtenido de <http://www.quimpac.com.pe/cloruro.html#>
- Red de Comunicación Regional. (05 de Enero de 2018). *CAJAMARCA SOLO TIENE DOS CARRETERAS ASFALTADAS MIENTRAS EL RESTO DE VIAS ESTAN AFIRMADAS*. Obtenido de <https://www.rcrperu.com/cajamarca-solo-tiene-dos-carreteras-asfaltadas-mientras-el-resto-de-vias-estan-afirmadas/>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2015). *CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes*. Megabyte.
- Rosales, M. (2018). Aplicación del Aditivo Quim Kd – 40 en la Estabilización de Suelos Para Caminos no Pavimentados en el Anexo de Nahuin, Palca – Tarma – Junín, 2017. *Tesis de titulación*. Universidad Peruana los Andes, Junín.
- Sanchez, Pablo Antonio Cruz. (2015). *Mecánica de suelos*.
- Santisteban, J. M. (2016). Evaluación del comportamiento de suelos estabilizados con aplicación de Quim KD-40 en vías no pavimentadas en Végueta – Huaura – Lima, 2016. (*Tesis de titulación*). Universidad César Vallejo, Lima.
- Santisteban, J. S. (2016). *Estabilización de suelos con emulsión asfáltica potencializada con estabilizador químico*. Iquitos.
- Santisteban, J. S. (2016). *Estabilización de suelos con emulsión asfáltica potencializada con estabilizador químico*. Iquitos.
- Santos, M. (2017). *Importancia de la mecánica de suelo en la ingeniería civil*. República Dominicana.

Taxa, L. J. (2015). *SISTEMA TRADICIONAL DE CLASIFICACIÓN DE TIERRAS UTILIZADA POR LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LARAOS-YAUUYOS.*

Villarino, Otero Alberto. (2005). *La cal.*

ANEXOS

ANEXOS N° 1: FOTOGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

PROPIEDADES DEL SUELO NATURAL DE LA CARRETERA DE

HUAMACHUCO – CAJABAMBA

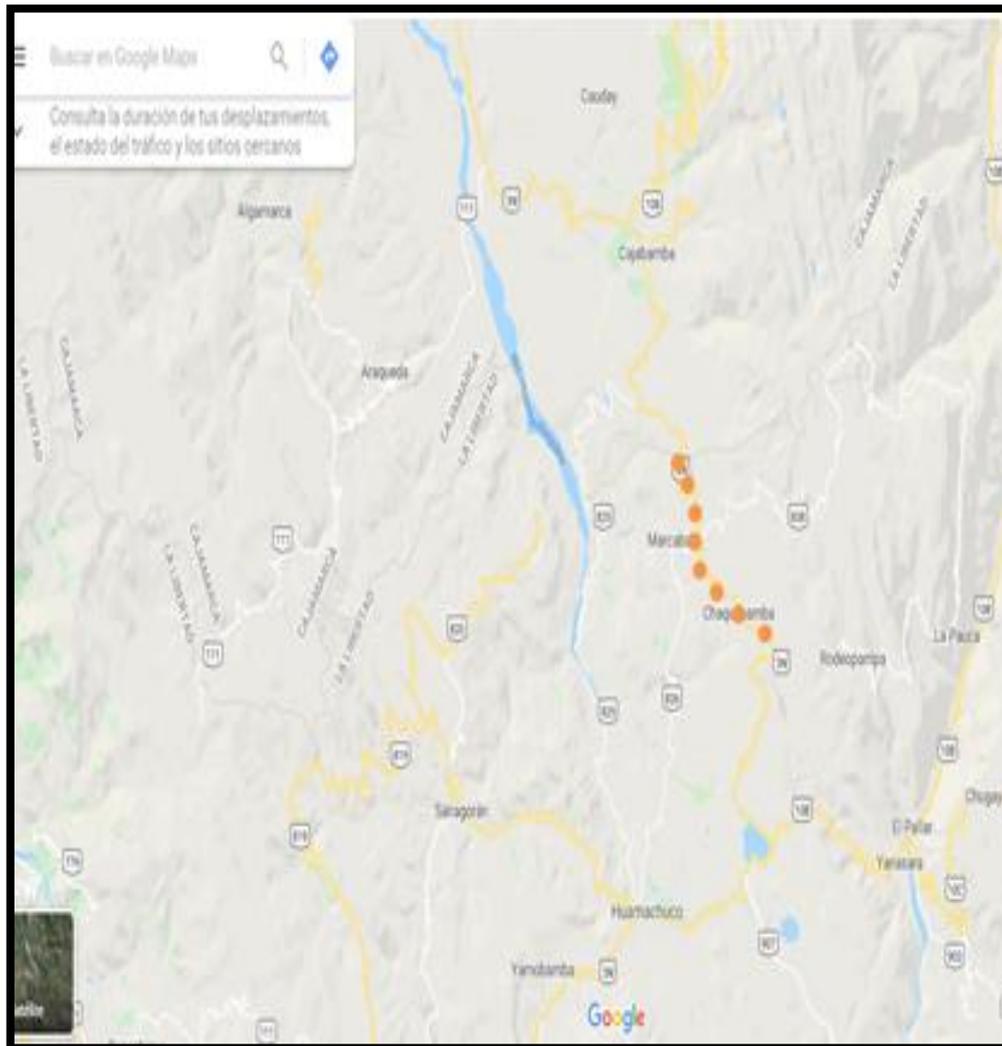


Ilustración 9: Ubicación de Lugar de estudio

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 10: Excavación de la Calicata N° 1 Progresiva Km 21+500.

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 11: Excavación de la Calicata N° 2 Progresiva Km 22.

Fuente: Elaboración Propia

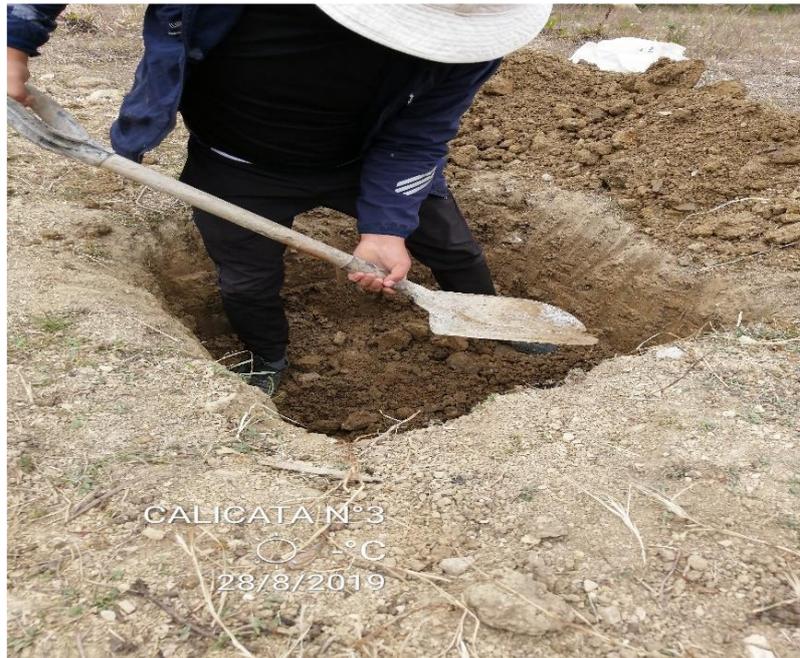


Ilustración 12: Excavación de la Calicata N° 3 Progresiva Km 22+500.

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 13: Excavación de la Calicata N° 4 Progresiva Km 23.

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 14: Excavación de la Calicata N° 5 Progresiva Km 23+500.

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 15: Excavación de la Calicata N° 6 Progresiva Km 24.

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 16: Excavación de la Calicata N° 7 Progresiva Km 24+500.

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 17: Excavación de la Calicata N° 8 Progresiva Km 25.

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 18: Humedad Natural.

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 19: Peso Volumétrico después de salir del secado

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 20: Material lavado de la Malla #200

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 21: Preparando el Material para realizar el ensayo de Granulometría

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 22: Tesista realizando el ensayo de Granulometría

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 23: Realizando el Ensayo de Granulometría

Fuente: Elaboración Propia

LÍMITES DE ATTERBERG DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA DEL SUELO EN ESTADO NATURAL



Ilustración 24: Equipos para desarrollar el Ensayo de Limite Liquido

Fuente: Elaboración Propia

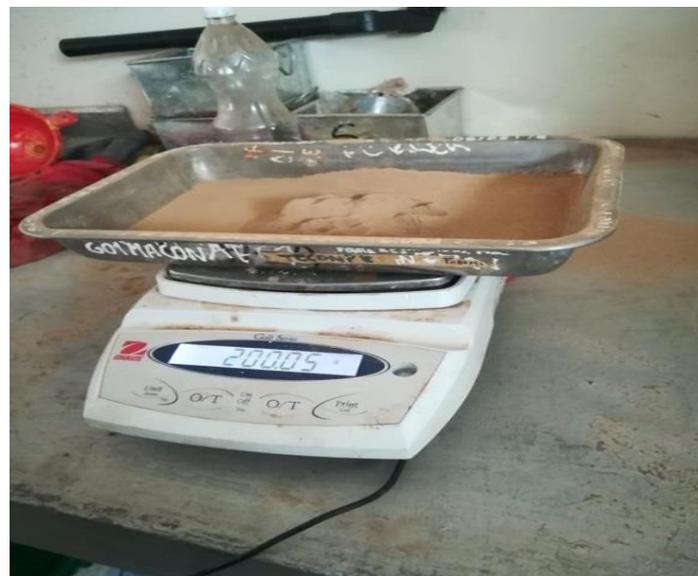


Ilustración 25: Muestra Empleada

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 26: Tesistas realizando el Ensayo de Limite Liquido

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 27: Ensayo de Limite Plástico de cada Muestra

Fuente: Elaboración Propia

PROCTOR MODIFICADO PARA DETERMINAR LA HUMEDAD OPTIMA DE COMPACTACIÓN DEL MATERIAL.



Ilustración 28: Muestra para realizar el Ensayo de Proctor

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 29: Ensayo Proctor

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 30: Realizando el Enrazado luego de ser compactado

Fuente: Elaboración Propia

VALOR SOPORTE DE CALIFORNIA CBR



Ilustración 31: Equipos para realizar los Ensayo de CBR

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 32: Tesistas realizando los Ensayos de CBR de cada una de las Muestras

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 33: Preparando Muestra para realizar el Ensayo de CBR con Cal Hidratada

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 34: Tesistas realizando la compactación de las Muestras Obtenidas

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 35: Muestra Compactada Lista y Enrasado

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 36: Preparando la Muestra para Someterlo al Agua

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 37: Primer Día de Toma de Datos

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 38: Cuatro Día de toma de datos

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 39: Muestra Final de los Ensayos sometidos durante 4 días al Agua

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 40: Realizando la Compresión de las Muestras

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 41: Calibración para la toma de Datos de la Muestra

Fuente: Elaboración Propia

ANEXOS

ANEXOS N° 2: CALCULOS Y RESULTADOS



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO : HUMEDAD NATURAL C-1
FECHA :

MUESTRA	PROFUNDIDAD (M.)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)			PESO (Gr.)		HUMEDAD (%)
			+SUELO	+SUELO	VACIO	AGUA	SUELO	
			HÚMEDO	SECO				
M-01	0.00 A 1.50m	F1	329.00	298.15	60.00	30.85	238.15	12.95
M-02	0.00 A 1.50m	F2	345.20	308.00	65.00	37.20	243.00	15.31
M-03	0.00 A 1.50m	F3	326.50	293.30	60.00	33.20	233.30	14.23
HUMEDAD PROM. (%)								14.16



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA

ENSAYO : HUMEDAD NATURAL C-2

FECHA :

MUESTRA	PROFUNDIDAD (M.)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)			PESO (Gr.)		HUMEDAD (%)
			+SUELO	+SUELO	VACIO	AGUA	SUELO	
			HÚMEDO	SECO				
M-01	0.00 A 1.50m	F4	349.23	308.15	48.00	41.08	260.15	15.79
M-02	0.00 A 1.50m	F5	365.63	319.50	48.00	46.13	271.50	16.99
M-03	0.00 A 1.50m	F6	336.51	300.02	49.00	36.49	251.02	14.54
HUMEDAD PROM. (%)								15.77



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA

ENSAYO : HUMEDAD NATURAL C-3

FECHA :

MUESTRA	PROFUNDIDAD (M.)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)			PESO (Gr.)		HUMEDAD (%)
			+SUELO	+SUELO	VACIO	AGUA	SUELO	
			HÚMEDO	SECO				
M-01	0.00 A 1.50m	F7	345.36	289.21	52.00	56.15	237.21	23.67
M-02	0.00 A 1.50m	F8	332.00	278.00	53.00	54.00	225.00	24.00
M-03	0.00 A 1.50m	F9	301.90	260.90	52.00	41.00	208.90	19.63
							HUMEDAD PROM. (%)	22.43



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

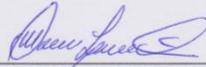
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA

ENSAYO : HUMEDAD NATURAL C-4

FECHA :

MUESTRA	PROFUNDIDAD (M)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)			PESO (Gr.)		HUMEDAD (%)
			+SUELO	+SUELO	VACIO	AGUA	SUELO	
			HÚMEDO	SECO				
M-01	0.00 A 1.50m	F10	389.90	336.15	63.00	53.75	273.15	19.68
M-02	0.00 A 1.50m	F11	322.80	280.33	66.00	42.47	214.33	19.82
M-03	0.00 A 1.50m	F12	366.70	324.95	66.50	41.75	258.45	16.15
HUMEDAD PROM. (%)								18.55



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
 AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
 UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
 ENSAYO : HUMEDAD NATURAL C-5
 FECHA :

MUESTRA	PROFUNDIDAD (M.)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)			PESO (Gr.)		HUMEDAD (%)
			+SUELO	+SUELO	VACIO	AGUA	SUELO	
			HÚMEDO	SECO				
M-01	0.00 A 1.50m	E1	269.69	240.20	44.00	29.49	196.20	15.03
M-02	0.00 A 1.50m	E2	295.25	257.90	43.60	37.35	214.30	17.43
M-03	0.00 A 1.50m	E3	356.88	315.99	44.50	40.89	271.49	15.06
HUMEDAD PROM. (%)								15.84



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

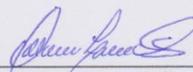
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA

ENSAYO : HUMEDAD NATURAL C-6

FECHA :

MUESTRA	PROFUNDIDAD (M.)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)			PESO (Gr.)		HUMEDAD (%)
			+SUELO	+SUELO	VACIO	AGUA	SUELO	
			HÚMEDO	SECO				
M-01	0.00 A 1.50m	E4	122.90	107.40	22.50	15.50	84.90	18.26
M-02	0.00 A 1.50m	E5	145.96	126.90	22.85	19.06	104.05	18.32
M-03	0.00 A 1.50m	E6	136.60	118.95	23.00	17.65	95.95	18.39
							HUMEDAD PROM. (%)	18.32



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA

ENSAYO : HUMEDAD NATURAL C-7

FECHA :

MUESTRA	PROFUNDIDAD (M.)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)			PESO (Gr.)		HUMEDAD (%)
			+SUELO	+SUELO	VACIO	AGUA	SUELO	
			HÚMEDO	SECO				
M-01	0.00 A 1.50m	E7	250.60	220.60	35.90	30.00	184.70	16.24
M-02	0.00 A 1.50m	E8	254.90	220.10	34.26	34.80	185.84	18.73
M-03	0.00 A 1.50m	E9	260.25	226.45	35.00	33.80	191.45	17.65
							HUMEDAD PROM. (%)	17.54



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

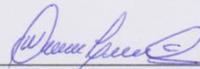
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA

ENSAYO : HUMEDAD NATURAL C-8

FECHA :

MUESTRA	PROFUNDIDAD (M.)	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)			PESO (Gr.)		HUMEDAD (%)
			+SUELO	+SUELO	VACIO	AGUA	SUELO	
			HÚMEDO	SECO				
M-01	0.00 A 1.50m	E10	260.60	230.60	45.90	30.00	184.70	16.24
M-02	0.00 A 1.50m	E11	274.90	215.10	44.26	59.80	170.84	35.00
M-03	0.00 A 1.50m	E12	255.25	235.45	45.00	19.80	190.45	10.40
							HUMEDAD PROM. (%)	20.55



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABA

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO- LAVADO
FECHA CALICATA Nº C-01 Nº LABORATORI 2

MATERIAL FINO	Tamiz	Abertura (mm)	Peso del Tamiz (g.)	Peso del Tamiz+ material retenido (g.)	Peso retenido de muestra (g.)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	% QUE PASA	
GRAVA	1 1/2	38.10	532.10	532.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
	1	25.40	534.60	534.60	0.00	0.00	0.00	100.00	
	3/4	19.05	543.00	558.00	15.00	3.00	3.00	97.00	
	3/8	9.53	523.20	550.00	26.80	5.36	8.36	91.64	
	Nº 4	4.76	500.10	522.60	22.50	4.50	12.86	87.14	
ARENA	Gruesa Nº 10	2.00	468.00	485.50	17.50	3.50	16.36	83.64	
	Media Nº 40	0.84	372.30	414.40	42.10	8.42	24.78	75.22	
	Fina	Nº 60	0.42	328.40	349.30	20.90	4.18	28.96	71.04
		Nº 100	0.25	327.80	350.50	22.70	4.54	33.50	66.50
		Nº 140	0.15	298.10	306.80	8.70	1.74	35.24	64.76
		Nº 200	0.07	315.40	323.50	8.10	1.62	36.86	63.14
MATERIAL FINO	P Nº 200		432.6	433.70	315.70	63.14	100.00	0.00	
					500.00	100.00			

VÍA SECA POR LAVADO

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA ENSAYADA

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	
MATERIAL INICIAL SECO ANTES DE LAVAR	500 gr
MATERIAL PERDIDO EN LAVADO	314.6 gr.

CLASIFICACIÓN DE SUELO	
SEGÚN AASHTO	A-7-6
SEGÚN SUCS	CL

GRAVA		49.30
ARENA	Gruesa	17.50
	Media	42.10
	Fina	60.40
MATERIAL FINO		315.70




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABA

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO- LAVADO
FECHA CALICATA Nº C-02 Nº LABORATORI 2

MATERIAL FINO	Tamiz	Abertura (mm)	Peso del Tamiz (g.)	Peso del Tamiz+ material retenido (g.)	Peso retenido de muestra (g.)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	% QUE PASA	
GRAVA	1 1/2	38.10	532.10	532.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
	1	25.40	534.60	569.00	34.40	6.88	6.88	93.12	
	3/4	19.05	543.00	543.00	0.00	0.00	6.88	93.12	
	3/8	9.53	523.20	527.20	4.00	0.80	7.68	92.32	
	Nº 4	4.76	500.10	523.30	23.20	4.64	12.32	87.68	
ARENA	Gruesa Nº 10	2.00	468.00	511.30	43.30	8.66	20.98	79.02	
	Media Nº 40	0.84	372.30	424.40	52.10	10.42	31.40	68.60	
	Fina	Nº 60	0.42	328.40	339.40	11.00	2.20	33.60	66.40
		Nº 100	0.25	327.80	338.80	11.00	2.20	35.80	64.20
		Nº 140	0.15	298.10	302.00	3.90	0.78	36.58	63.42
		Nº 200	0.07	315.40	318.90	3.50	0.70	37.28	62.72
MATERIAL FINO	P Nº 200		432.6	433.40	313.60	62.72	100.00	0.00	
					500.00	100.00			

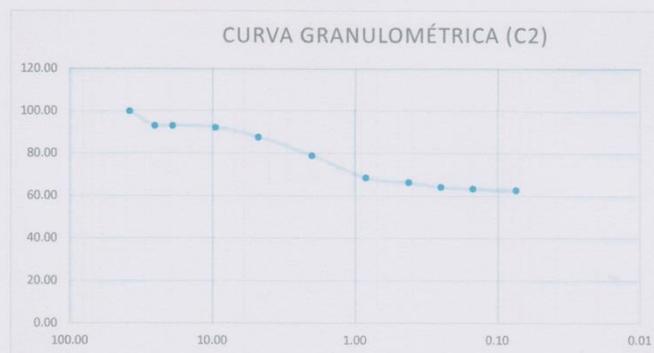
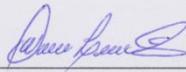
VÍA SECA POR LAVADO

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA ENSAYADA

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	
MATERIAL INICIAL SECO ANTES DE LAVAR	500 gr.
MATERIAL PERDIDO EN LAVADO	312.8 gr.

CLASIFICACIÓN DE SUELO	
SEGÚN AASHTO	A-7-6
SEGÚN SUCS	CL

GRAVA		27.20
GRAVA	Gruesa	43.30
	Media	52.10
ARENA	Fina	29.40
MATERIAL FINO		313.60

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABA

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO- LAVADO
FECHA CALICATA Nº C-03 Nº LABORATORI 2

MATERIAL FINO	Tamiz	Abertura (mm)	Peso del Tamiz (g.)	Peso del Tamiz+ material retenido (g.)	Peso retenido de muestra (g.)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	% QUE PASA	
GRAVA	1 1/2	38.10	532.10	532.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
	1	25.40	534.60	534.60	0.00	0.00	0.00	100.00	
	3/4	19.05	543.00	543.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
	3/8	9.53	523.20	523.20	0.00	0.00	0.00	100.00	
	Nº 4	4.76	500.10	526.80	26.70	5.34	5.34	94.66	
ARENA	Gruesa Nº 10	2.00	468.00	519.60	51.60	10.32	15.66	84.34	
	Media Nº 40	0.84	372.30	433.40	61.10	12.22	27.88	72.12	
	Fina	Nº 60	0.42	328.40	339.30	10.90	2.18	30.06	69.94
		Nº 100	0.25	327.80	337.80	10.00	2.00	32.06	67.94
		Nº 140	0.15	298.10	301.80	3.70	0.74	32.80	67.20
		Nº 200	0.07	315.40	318.60	3.20	0.64	33.44	66.56
MATERIAL FINO	P Nº 200		432.6	433.20	332.80	66.56	100.00	0.00	
					500.00	100.00			

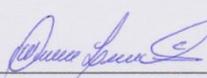
VÍA SECA POR LAVADO

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA ENSAYADA

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	
MATERIAL INICIAL SECO ANTES DE LAVAR	500 gr.
MATERIAL PERDIDO EN LAVADO	332.2 gr.
CLASIFICACIÓN DE SUELO	
SEGÚN AASHTO	A-7-6
SEGÚN SUCS	CL

GRAVA		
	Gruesa	26.70
	Media	61.10
ARENA	Fina	27.80
MATERIAL FINO		332.80




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABA

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO- LAVADO
FECHA CALICATA Nº C-04 Nº LABORATORI 2

MATERIAL FINO	Tamiz	Abertura (mm)	Peso del Tamiz (g.)	Peso del Tamiz+ material retenido (g.)	Peso retenido de muestra (g.)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	% QUE PASA	
GRAVA	1 1/2	38.10	532.10	532.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
	1	25.40	534.60	534.60	0.00	0.00	0.00	100.00	
	3/4	19.05	543.00	543.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
	3/8	9.53	523.20	530.80	7.60	1.52	1.52	98.48	
	Nº 4	4.76	500.10	518.50	18.40	3.68	5.20	94.80	
ARENA	Gruesa Nº 10	2.00	468.00	502.30	34.30	6.86	12.06	87.94	
	Media Nº 40	0.84	372.30	426.80	54.50	10.90	22.96	77.04	
	Fina	Nº 60	0.42	328.40	340.40	12.00	2.40	25.36	74.64
		Nº 100	0.25	327.80	338.10	10.30	2.06	27.42	72.58
		Nº 140	0.15	298.10	301.80	3.70	0.74	28.16	71.84
		Nº 200	0.07	315.40	318.40	3.00	0.60	28.76	71.24
MATERIAL FINO	P Nº 200		432.6	433.00	356.20	71.24	100.00	0.00	
					500.00	100.00			

VÍA SECA POR LAVADO

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA ENSAYADA

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	
MATERIAL INICIAL SECO ANTES DE LAVAR	500 gr.
MATERIAL PERDIDO EN LAVADO	355.8 gr.

CLASIFICACIÓN DE SUELO	
SEGÚN AASHTO	A-7-6
SEGÚN SUCS	MH-OH

GRAVA		26.00
GRAVA	Gruesa	34.30
	Media	54.50
ARENA	Fina	29.00
MATERIAL FINO		356.20




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABA

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO- LAVADO

FECHA CALICATA N° C-05 N° LABORATORI 2

MATERIAL FINO	Tamiz	Abertura (mm)	Peso del Tamiz (g.)	Peso del Tamiz+ material retenido (g.)	Peso retenido de muestra (g.)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	% QUE PASA
GRAVA	1 1/2	38.10	786.30	786.30	0.00	0.00	0.00	100.00
	1	25.40	768.20	768.20	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4	19.05	758.10	758.10	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8	9.53	734.50	734.50	0.00	0.00	0.00	100.00
	Nº 4	4.76	721.10	722.90	1.80	0.36	0.36	99.64
ARENA	Gruesa Nº 10	2.00	683.20	697.20	14.00	2.80	3.16	96.84
	Media Nº 40	0.84	576.70	610.90	34.20	6.84	10.00	90.00
	Nº 60	0.42	538.80	550.70	11.90	2.38	12.38	87.62
	Nº 100	0.25	539.80	547.30	7.50	1.50	13.88	86.12
	Nº 140	0.15	539.10	542.60	3.50	0.70	14.58	85.42
	Fina Nº 200	0.07	527.80	530.80	3.00	0.60	15.18	84.82
MATERIAL FINO	P Nº 200		648.9	651.00	424.10	84.82	100.00	0.00
					500.00	100.00		

VÍA SECA POR LAVADO

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA ENSAYADA

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	
MATERIAL INICIAL SECO ANTES DE LAVAR	500 gr.
MATERIAL PERDIDO EN LAVADO	422 gr.
CLASIFICACIÓN DE SUELO	
SEGÚN AASHTO	A-7-6
SEGÚN SUCS	MH-OH

GRAVA		1.80
	Gruesa	14.00
	Media	34.20
ARENA	Fina	25.90
MATERIAL FINO		424.10




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABA

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO- LAVADO

FECHA CALICATA Nº C-06 Nº LABORATORIO 2

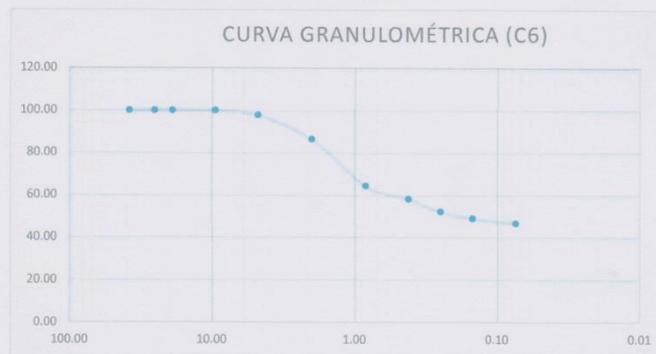
MATERIAL FINO	Tamiz	Abertura (mm)	Peso del Tamiz (g.)	Peso del Tamiz+ material retenido (g.)	Peso retenido de muestra (g.)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	% QUE PASA	
GRAVA	1 1/2	38.10	786.30	786.30	0.00	0.00	0.00	100.00	
	1	25.40	768.20	768.20	0.00	0.00	0.00	100.00	
	3/4	19.05	758.10	758.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
	3/8	9.53	734.50	734.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
	Nº 4	4.76	721.10	732.40	11.30	2.26	2.26	97.74	
ARENA	Gruesa	Nº 10	2.00	683.20	739.50	56.30	11.26	13.52	86.48
		Media	Nº 40	0.84	576.70	686.80	110.10	22.02	35.54
	Fina	Nº 60	0.42	538.80	570.10	31.30	6.26	41.80	58.20
		Nº 100	0.25	539.80	569.40	29.60	5.92	47.72	52.28
		Nº 140	0.15	539.10	555.20	16.10	3.22	50.94	49.06
		Nº 200	0.07	527.80	539.20	11.40	2.28	53.22	46.78
MATERIAL FINO	P Nº 200		648.9	649.80	233.90	46.78	100.00	0.00	
					500.00	100.00			

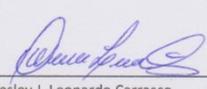
VÍA SECA POR LAVADO

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA ENSAYADA

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	
MATERIAL INICIAL SECO ANTES DE LAVAR	500 gr.
MATERIAL PERDIDO EN LAVADO	233 gr.
CLASIFICACIÓN DE SUELO	
SEGÚN AASHTO	A-7
SEGÚN SUCS	CH

GRAVA		11.30
ARENA	Gruesa	56.30
	Media	110.10
ARENA	Fina	88.40
MATERIAL FINO		233.90




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABA

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO- LAVADO
FECHA CALICATA Nº C-07 Nº LABORATORI 2

MATERIAL FINO	Tamiz	Abertura (mm)	Peso del Tamiz (g.)	Peso del Tamiz+ material retenido (g.)	Peso retenido de muestra (g.)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	% QUE PASA
GRAVA	1 1/2	38.10	786.30	786.30	0.00	0.00	0.00	100.00
	1	25.40	768.20	768.20	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4	19.05	758.10	758.10	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8	9.53	734.50	734.50	0.00	0.00	0.00	100.00
	Nº 4	4.76	721.10	729.60	8.50	1.70	1.70	98.30
ARENA	Gruesa Nº 10	2.00	683.20	724.20	41.00	8.20	9.90	90.10
	Media Nº 40	0.84	576.70	651.00	74.30	14.86	24.76	75.24
	Nº 60	0.42	538.80	559.20	20.40	4.08	28.84	71.16
	Nº 100	0.25	539.80	559.50	19.70	3.94	32.78	67.22
	Nº 140	0.15	539.10	552.10	13.00	2.60	35.38	64.62
	Fina Nº 200	0.07	527.80	539.10	11.30	2.26	37.64	62.36
MATERIAL FINO	P Nº 200		648.9	651.80	311.80	62.36	100.00	0.00
					500.00	100.00		

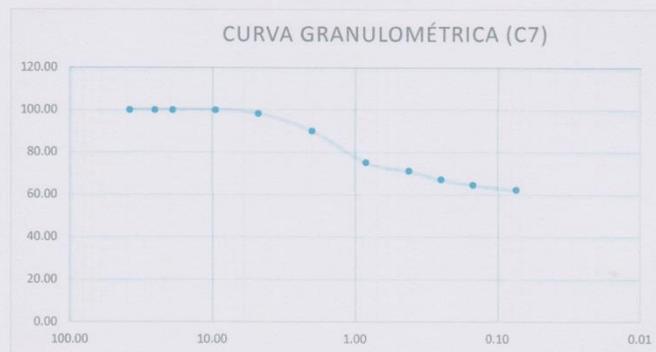
VÍA SECA POR LAVADO

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA ENSAYADA

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	
MATERIAL INICIAL SECO ANTES DE LAVAR	500 gr.
MATERIAL PERDIDO EN LAVADO	308.9 gr.

CLASIFICACIÓN DE SUELO	
SEGÚN AASHTO	A-7
SEGÚN SUCS	CH

GRAVA		8.50
Gruesa		41.00
Media		74.30
ARENA	Fina	64.40
MATERIAL FINO		311.80




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABA

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO- LAVADO
FECHA CALICATA Nº C-08 Nº LABORATORIO 2

MATERIAL FINO	Tamiz	Abertura (mm)	Peso del Tamiz (g.)	Peso del Tamiz+ material retenido (g.)	Peso retenido de muestra (g.)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	% QUE PASA
GRAVA	1 1/2	38.10	786.30	786.30	0.00	0.00	0.00	100.00
	1	25.40	768.20	768.20	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4	19.05	758.10	758.10	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8	9.53	734.50	734.50	0.00	0.00	0.00	100.00
	Nº 4	4.76	721.10	730.60	9.50	1.90	1.90	98.10
ARENA	Gruesa Nº 10	2.00	683.20	729.40	46.20	9.24	11.14	88.86
	Media Nº 40	0.84	576.70	654.00	77.30	15.46	26.60	73.40
	Nº 60	0.42	538.80	557.10	18.30	3.66	30.26	69.74
	Nº 100	0.25	539.80	557.50	17.70	3.54	33.80	66.20
	Nº 140	0.15	539.10	551.10	12.00	2.40	36.20	63.80
	Fina Nº 200	0.07	527.80	538.10	10.30	2.06	38.26	61.74
MATERIAL FINO	P Nº 200		648.9	651.80	308.70	61.74	100.00	0.00
					500.00	100.00		

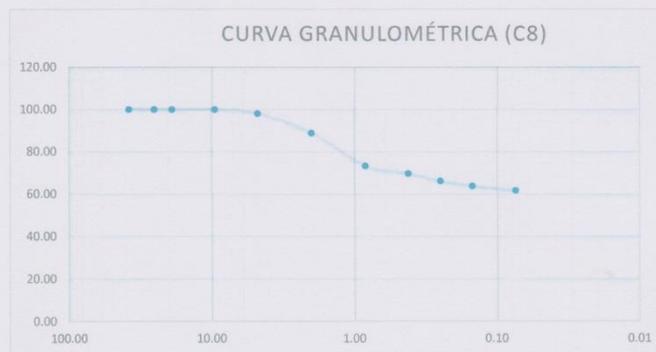
VÍA SECA POR LAVADO

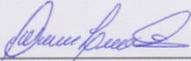
CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA ENSAYADA

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	
MATERIAL INICIAL SECO ANTES DE LAVAR	500 gr.
MATERIAL PERDIDO EN LAVADO	305.8 gr.

CLASIFICACIÓN DE SUELO	
SEGÚN AASHTO	A-7
SEGÚN SUCS	CH

GRAVA		9.50
ARENA	Gruesa	46.20
	Media	77.30
	Fina	58.30
MATERIAL FINO		308.70




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TÍTULO : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA

ENSAYO : LIMITES DE ATTERBERG (C1)

FECHA :

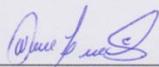
1.- LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
36	1	36.69	28.87	7.82	11.20	17.67	44.26
29	2	39.00	29.92	9.08	10.60	19.32	47.00
22	3	58.20	42.37	15.83	10.50	31.87	49.67
16	4	57.05	41.15	15.90	10.60	30.55	52.05



LL (%)= **48.5**

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	L.P. %
5	45.60	43.90	1.70	35.20	8.70	19.54	19.72
6	46.65	44.70	1.95	34.90	9.80	19.90	

3.- INDICE DE PLASTICIDAD IP= LL - LP **28.78 %**

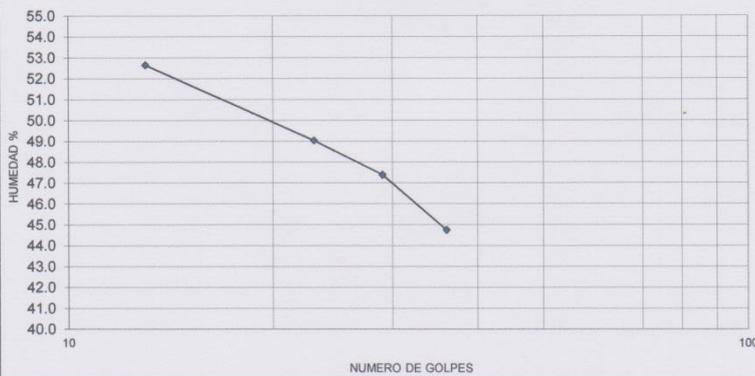

 Wesley J. Leonardo Carrasco
 Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO : LIMITES DE ATTERBERG (C2)
FECHA :

1.- LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
36	10	56.16	49.65	6.51	35.10	14.55	44.74
29	12	59.16	52.00	7.16	36.89	15.11	47.39
23	20	58.20	51.37	6.83	37.44	13.93	49.03
13	0	57.05	49.68	7.37	35.68	14.00	52.64



LL (%)= 48.50

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	L.P. %
8	22.23	20.19	2.04	12.04	8.15	25.03	25.67
2	27.21	25.15	2.06	17.32	7.83	26.31	

3.- INDICE DE PLASTICIDAD IP= LL - LP 22.83 %

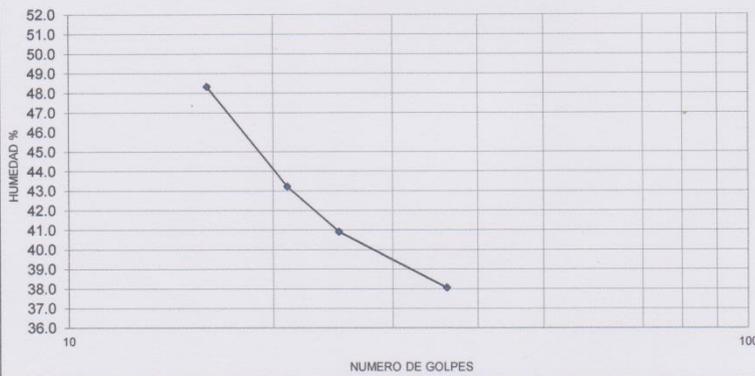
Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO : LIMITES DE ATTERBERG (C3)
FECHA :

1.- LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
36	11	55.80	48.00	7.80	27.50	20.50	38.05
25	12	60.70	50.80	9.90	26.60	24.20	40.91
21	13	68.45	58.90	9.55	36.80	22.10	43.21
16	14	56.30	49.98	6.32	36.90	13.08	48.32



LL (%) = 41.25

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	L.P. %
15	38.56	36.75	1.81	27.80	8.95	20.22	20.48
16	38.69	36.94	1.75	28.50	8.44	20.73	

3.- INDICE DE PLASTICIDAD IP= LL - LP 20.77 %

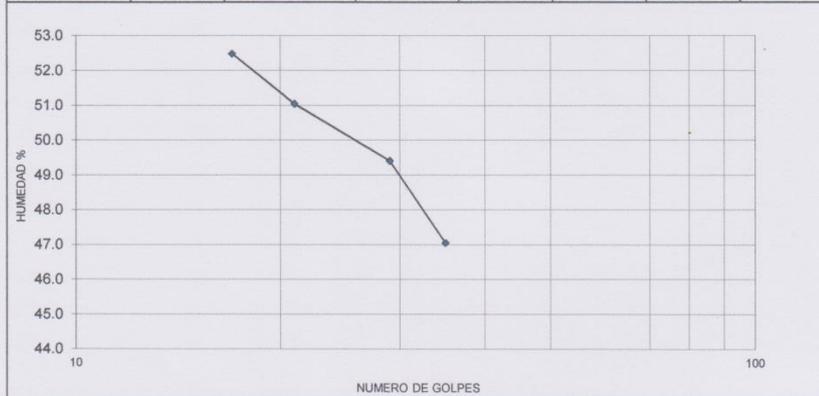
Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , PREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO : LIMITES DE ATTERBERG (C4)
FECHA :

1.-LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
35	10	68.36	51.48	16.88	15.60	35.88	47.05
29	12	62.65	50.73	11.92	26.60	24.13	49.40
21	20	64.60	52.30	12.30	28.20	24.10	51.04
17	6	50.30	45.00	5.30	34.90	10.10	52.48



LL (%)= **50.5**

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	L.P. %
9	32.60	28.10	4.50	12.60	15.50	29.03	29.00
2	29.30	25.10	4.20	10.60	14.50	28.97	

3.- INDICE DE PLASTICIDAD IP= LL - LP **21.50 %**

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO	LIMITES DE ATTERBERG (C5)
FECHA :	

1.- LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66						
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %	
36	5	55.98	49.59	6.39	35.20	14.39	44.41	
26	14	58.16	51.42	6.74	36.90	14.52	46.42	
22	33	56.26	50.15	6.11	37.40	12.75	47.92	
15	36	55.80	48.98	6.82	35.60	13.38	50.97	



LL (%)= **46.75**

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59						
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	L.P. %	
26	21.65	20.12	1.53	12.50	7.62	20.08	23.88	
10	26.30	23.98	2.32	15.60	8.38	27.68		

3.- INDICE DE PLASTICIDAD IP= LL - LP **22.87 %**

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO :	LIMITES DE ATTERBERG (C6)
FECHA :	

1.- LIMITE LIQUIDO							
ASTM 423-66							
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
32	13	68.50	58.60	9.90	36.80	21.80	45.41
28	14	69.12	58.50	10.62	36.90	21.60	49.17
21	5	57.86	50.21	7.65	35.20	15.01	50.97
17	6	58.05	50.10	7.95	34.90	15.20	52.30



2.- LIMITE PLASTICO							
ASTM D424-59							
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	L.P. %
17	21.89	20.56	1.33	13.50	7.06	18.84	18.58
18	22.65	21.28	1.37	13.80	7.48	18.32	

3.- INDICE DE PLASTICIDAD IP= LL - LP 31.67 %

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO : LIMITES DE ATTERBERG (C7)
FECHA :

1.- LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
34	33	56.16	49.80	6.36	37.40	12.40	51.29
26	13	69.10	58.00	11.10	36.80	21.20	52.36
19	36	68.59	57.20	11.39	35.60	21.60	52.73
16	34	56.06	49.45	6.61	37.30	12.15	54.40



LL (%)= **52.5**

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	L.P. %
30	24.56	21.20	3.36	9.60	11.60	28.97	29.44
31	25.00	21.50	3.50	9.80	11.70	29.91	

3.- INDICE DE PLASTICIDAD IP= LL - LP **23.06 %**

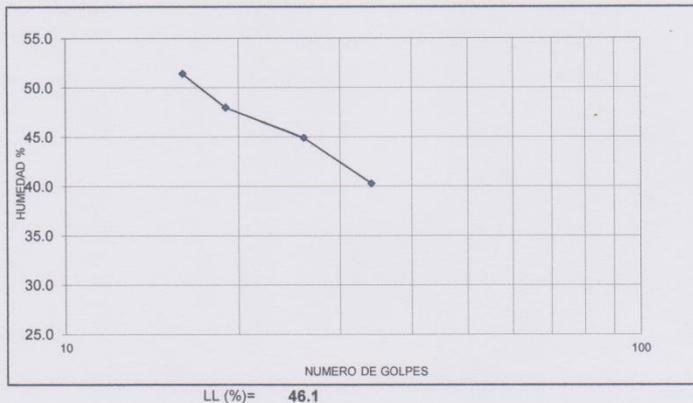
Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO : LIMITES DE ATTERBERG (C8)
FECHA :

1.-LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
34	26	58.60	49.70	8.90	27.60	22.10	40.27
26	15	62.30	51.30	11.00	26.80	24.50	44.90
19	16	68.45	57.80	10.65	35.60	22.20	47.97
16	25	57.80	50.23	7.57	35.50	14.73	51.39



2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	L.P. %
32	25.56	22.55	3.01	8.52	14.03	21.45	21.56
33	26.00	22.84	3.16	8.25	14.59	21.66	

3.- INDICE DE PLASTICIDAD IP= LL - LP 24.58 %

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019

AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA

UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA

ENSAYO : PROCTOR MODIFICADO (C1)

FECHA :

DATOS DE LA MUESTRA

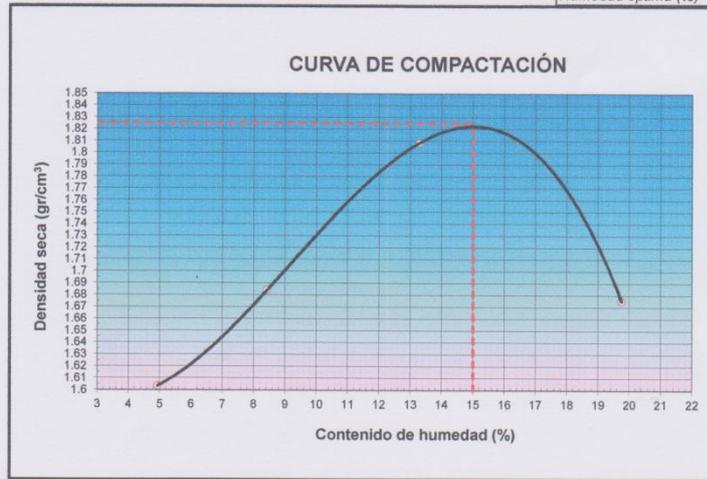
CALICATA : C-01 PROF. (m) 00.00 - 1.50 m
MUESTRA : M-01 CLASF. (SUCS) CL
CLASF. (AASHTO) A-7

METODO DE COMPACTACION : C

FECHA DE ENSAYO:

Peso suelo + molde	gr	5725	5860	6070	6030				
Peso molde	gr	4140	4140	4140	4140				
Peso suelo húmedo compactado	gr	1585	1720	1930	1890				
Volumen del molde	cm ³	942	942	942	942				
Peso volumétrico húmedo	gr	1.68	1.83	2.05	2.01				
Recipiente N°		9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0
Peso del suelo húmedo+tara	gr	67.5	68.8	90.0	53.6	189.9	146.9	162.0	154.0
Peso del suelo seco + tara	gr	65.0	66.3	85.2	51.5	171.6	134.0	140.3	133.3
Tara	gr	12.6	15.6	27.5	26.6	36.8	36.9	27.8	28.5
Peso de agua	gr	2.5	2.5	4.8	2.1	18.3	12.9	21.7	20.7
Peso del suelo seco	gr	52.4	50.7	57.7	24.9	134.8	97.1	112.5	104.8
Contenido de agua	%	4.77	4.93	8.32	8.43	13.58	13.29	19.29	19.75
Promedio del % agua		4.85	8.37	13.43	19.52				
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.604	1.684	1.809	1.675				

Densidad máxima (gr/cm³) 1.825
Humedad óptima (%) 15.0




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (C2)
FECHA :

DATOS DE LA MUESTRA

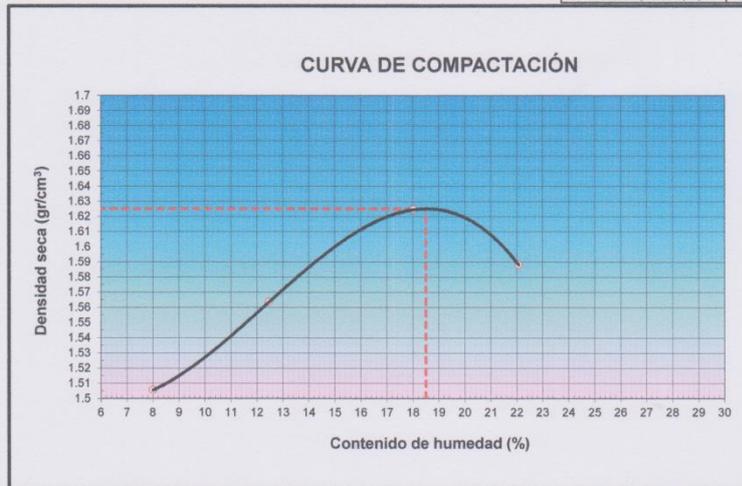
CALICATA : C-02 PROF. (m) 00.00 - 1.50 m
 MUESTRA : M-02 CLASIF. (SUCS) CL
 CLASIF. (AASHTO) A-7

METODO DE COMPACTACION : C

FECHA DE ENSAYO:

Peso suelo + molde	gr	5725	5850	6000	6020		
Peso molde	gr	4190	4190	4190	4190		
Peso suelo húmedo compactado	gr	1535	1660	1810	1830		
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944		
Peso volumétrico húmedo	gr	1.63	1.76	1.92	1.94		
Recipiente N°		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Peso del suelo húmedo+tara	gr	64.5	63.2	54.4	56.6	131.8	130.5
Peso del suelo seco + tara	gr	60.0	59.3	49.5	51.5	117.0	115.9
Tara	gr	11.2	10.6	10.5	10.6	35.2	34.9
Peso de agua	gr	4.5	3.9	4.9	5.1	14.8	14.6
Peso del suelo seco	gr	48.8	48.7	39.0	40.9	81.8	81.0
Contenido de agua	%	9.22	8.01	12.56	12.47	18.09	18.02
Promedio del % agua		8.61	12.52	18.06	22.12		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.505	1.564	1.625	1.588		

Densidad máxima (gr/cm³) 1.625
 Humedad óptima (%) 18.5




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO : PROCTOR MODIFICADO (C3)
FECHA :

DATOS DE LA MUESTRA

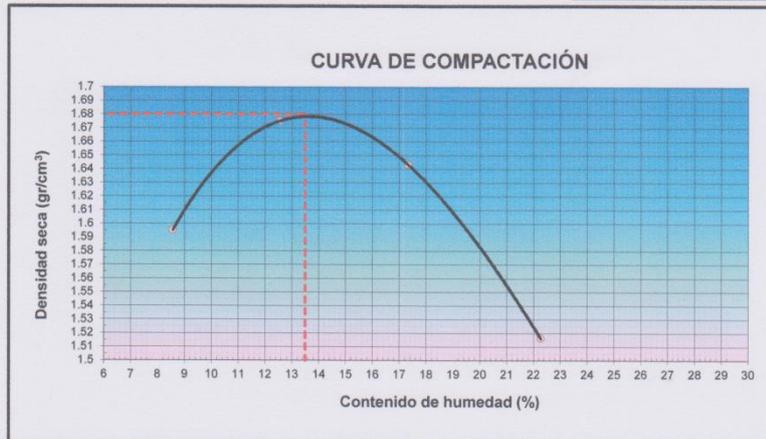
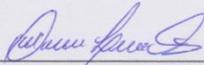
CALICATA : C-03 PROF. (m) 00.00 - 1.50 m
MUESTRA : M-03 CLASF. (SUCS) CL
CLASF. (AASHTO) A-7

METODO DE COMPACTACION : C

FECHA DE ENSAYO:

Peso suelo + molde	gr	5825	5970	6010	5940				
Peso molde	gr	4190	4190	4190	4190				
Peso suelo húmedo compactado	gr	1635	1780	1820	1750				
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944				
Peso volumétrico húmedo	gr	1.73	1.89	1.93	1.85				
Recipiente N°		17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0
Peso del suelo húmedo+tara	gr	121.3	63.2	121.3	155.4	122.1	130.5	82.4	276.4
Peso del suelo seco + tara	gr	112.4	59.3	110.8	141.2	109.0	115.9	70.3	231.2
Tara	gr	13.5	13.8	27.1	28.2	33.4	31.7	27.6	28.5
Peso de agua	gr	8.9	3.9	10.5	14.2	13.1	14.6	12.1	45.2
Peso del suelo seco	gr	98.9	45.5	83.7	113.0	75.6	84.2	42.7	202.7
Contenido de agua	%	9.00	8.57	12.54	12.57	17.33	17.34	28.34	22.27
Promedio del % agua		8.79	12.56	17.33	25.31				
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.595	1.675	1.643	1.516				

Densidad máxima (gr/cm³) 1.680
Humedad óptima (%) 13.5

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (C4)
FECHA :

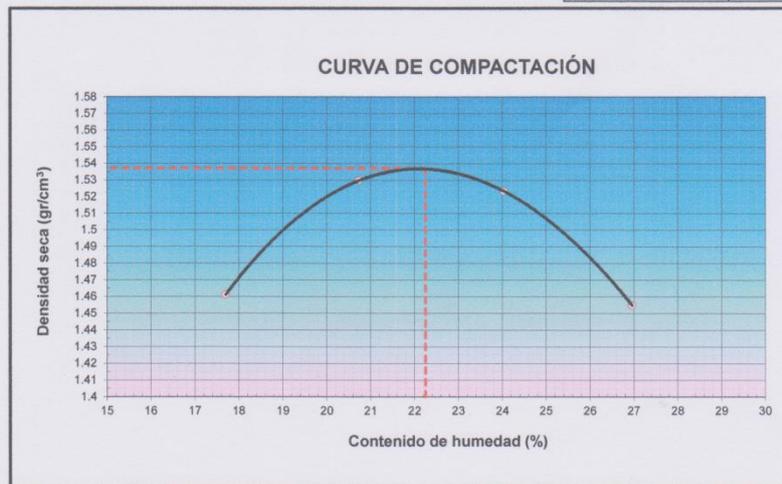
DATOS DE LA MUESTRA

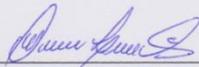
CALICATA: C-04 PROF. (m) 00.00 - 1.50 m
MUESTRA: M-01 CLASF. (SUCS) MH
CLASF. (AASHTO) A-7

METODO DE COMPACTACION : C

FECHA DE ENSAYO:

Peso suelo + molde	gr	5760	5880	5920	5880				
Peso molde	gr	4140	4140	4140	4140				
Peso suelo húmedo compactado	gr	1620	1740	1780	1740				
Volumen del molde	cm ³	942	942	942	942				
Peso volumétrico húmedo	gr	1.72	1.85	1.89	1.85				
Recipiente N°		25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0
Peso del suelo húmedo+tara	gr	89.9	103.6	77.5	76.6	118.4	168.5	146.0	254.0
Peso del suelo seco + tara	gr	78.4	89.9	68.7	68.3	97.7	137.7	116.9	202.1
Tara	gr	10.1	12.5	27.8	28.0	11.8	9.6	9.8	9.6
Peso de agua	gr	11.5	13.7	8.8	8.3	20.7	30.8	29.1	51.9
Peso del suelo seco	gr	68.3	77.4	40.9	40.3	85.9	128.1	107.1	192.5
Contenido de agua	%	16.84	17.70	21.52	20.75	24.10	24.04	27.17	26.96
Promedio del % agua		17.27	21.13	24.07	27.07				
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.461	1.530	1.523	1.455				
				Densidad máxima (gr/cm ³)					1.537
				Humedad óptima (%)					22.3




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO : PROCTOR MODIFICADO (C6)
FECHA :

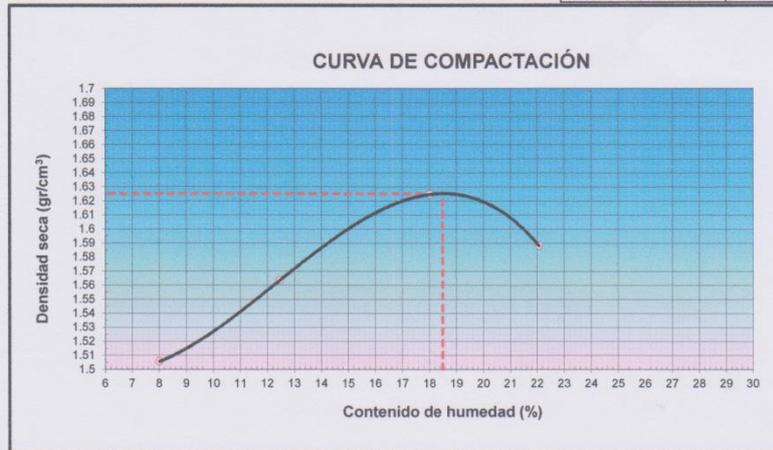
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-01 PROF. (m) 00.00 - 1.50 m
 MUESTRA : M-01 CLASF. (SUCS) CH
 CLASF. (AASHTO) A-7

METODO DE COMPACTACION : C FECHA DE ENSAYO:

Peso suelo + molde	gr	5725	5850	6000	6020		
Peso molde	gr	4190	4190	4190	4190		
Peso suelo húmedo compactado	gr	1535	1660	1810	1830		
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944		
Peso volumétrico húmedo	gr	1.63	1.76	1.92	1.94		
Recipiente N°		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Peso del suelo húmedo+tara	gr	64.5	63.2	54.4	56.6	131.8	130.5
Peso del suelo seco + tara	gr	60.0	59.3	49.5	51.5	117.0	115.9
Tara	gr	11.2	10.6	10.5	10.6	35.2	34.9
Peso de agua	gr	4.5	3.9	4.9	5.1	14.8	14.6
Peso del suelo seco	gr	48.8	48.7	39.0	40.9	81.8	81.0
Contenido de agua	%	9.22	8.01	12.56	12.47	18.09	18.02
Promedio del % agua		8.61	12.52	18.06	22.12		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.505	1.564	1.625	1.588		

Densidad máxima (gr/cm³) 1.625
 Humedad óptima (%) 18.5




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO : PROCTOR MODIFICADO (C7)
FECHA :

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-07 PROF. (m) 00.00 - 1.50 m
MUESTRA : M-07 CLASF. (SUCS) CH
CLASF. (AASHTO) A-7

METODO DE COMPACTACION : C

FECHA DE ENSAYO:

Peso suelo + molde	gr	5730	5860	5970	5960				
Peso molde	gr	4190	4190	4190	4190				
Peso suelo húmedo compactado	gr	1540	1670	1780	1770				
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944				
Peso volumétrico húmedo	gr	1.63	1.77	1.89	1.88				
Recipiente N°		41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	48.0
Peso del suelo húmedo+tara	gr	89.6	83.6	95.4	116.2	126.1	130.5	93.1	99.6
Peso del suelo seco + tara	gr	80.8	75.5	85.6	103.2	109.4	109.9	75.7	81.4
Tara	gr	9.6	9.8	29.3	29.2	29.4	10.1	10.7	10.6
Peso de agua	gr	8.8	8.1	9.8	13.0	16.7	20.6	17.4	18.2
Peso del suelo seco	gr	71.2	65.7	56.3	74.0	80.0	99.8	65.0	70.8
Contenido de agua	%	12.36	12.33	17.41	17.57	20.88	20.64	26.77	25.71
Promedio del % agua		12.34	17.49	17.49	17.49	20.76	20.76	26.24	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.452	1.505	1.563	1.492				

Densidad máxima (gr/cm³) 1.573
Humedad óptima (%) 22.0




Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

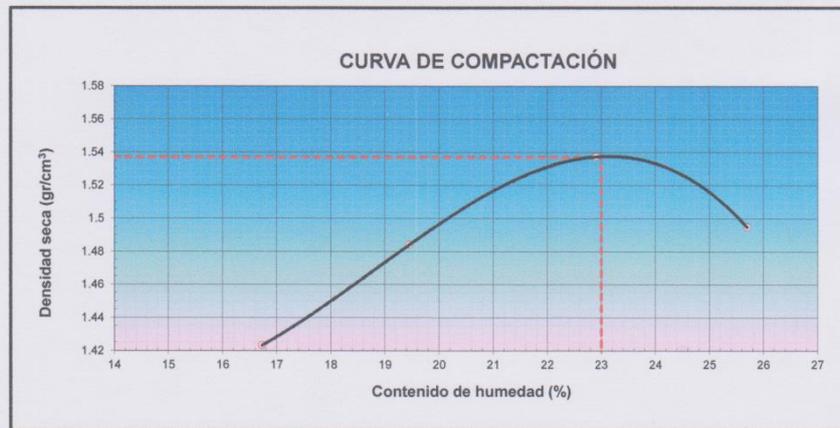
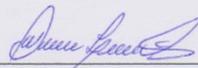
TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO :	PROCTOR MODIFICADO (CS)
FECHA :	

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA :	C-07	PROF. (m)	00.00 - 1.50 m
MUESTRA :	M-07	CLASF. (SUJCS)	CH
		CLASF. (AASHTO)	A-7

METODO DE COMPACTACION : C

FECHA DE ENSAYO:

Peso suelo + molde	gr	5755	5860	5970	5960				
Peso molde	gr	4190	4190	4190	4190				
Peso suelo húmedo compactado	gr	1565	1670	1780	1770				
Volumen del molde	cm ³	942	942	942	942				
Peso volumétrico húmedo	gr	1.66	1.77	1.89	1.88				
Recipiente N°		48.0	50.0	51.0	52.0	53.0	54.0	55.0	56.0
Peso del suelo húmedo+tara	gr	98.5	104.3	85.2	77.4	118.8	167.3	145.0	253.0
Peso del suelo seco + tara	gr	90.1	90.8	69.4	69.6	98.5	138.0	115.8	203.2
Tara	gr	9.8	10.1	28.6	29.5	12.4	10.1	9.7	9.4
Peso de agua	gr	8.4	13.5	15.8	7.8	20.3	29.3	29.2	49.8
Peso del suelo seco	gr	80.3	80.7	40.8	40.1	86.1	127.9	106.1	193.8
Contenido de agua	%	10.46	16.73	38.73	19.45	23.58	22.91	27.52	25.70
Promedio del % agua		13.59	29.09	23.24	26.61				
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.423	1.484	1.537	1.495				
				Densidad máxima (gr/cm ³)					1.537
				Humedad óptima (%)					23.0

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



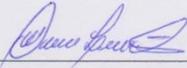
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO :	CBR(Relación de Soporte de California)-SIN ADICIÓN	C1
FECHA :		

COMPACTACION						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(g)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11692	11820	11654	11825	11584	11809
Peso de Molde	7214	7214	7195	7195	7144	7144
Peso de suelo Humedo	4478	4606	4459	4630	4440	4665
Volumen del molde	2123.5	2123.5	2122.5	2122.5	2123.5	2123.5
Densidad del Suelo Humedo	2.11	2.17	2.10	2.18	2.09	2.20
Cápsula N°	5	14	6	21	24	22
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	323.85	287.54	385.1	295.3	325.1	269.1
Peso de Suelo Seco + Cápsula	286.25	248.2	339.4	251	286.4	225.6
Peso de Agua	37.6	39.34	45.7	44.3	38.7	43.5
Peso de Cápsula	35.2	36.9	34.9	33.4	28.5	31.7
Peso de Suelo Seco	251.05	211.3	304.5	217.6	257.9	193.9
% de Humedad	14.98	18.62	15.01	20.36	15.01	22.43
Densidad de Suelo Seco	1.834	1.829	1.627	1.812	1.818	1.794

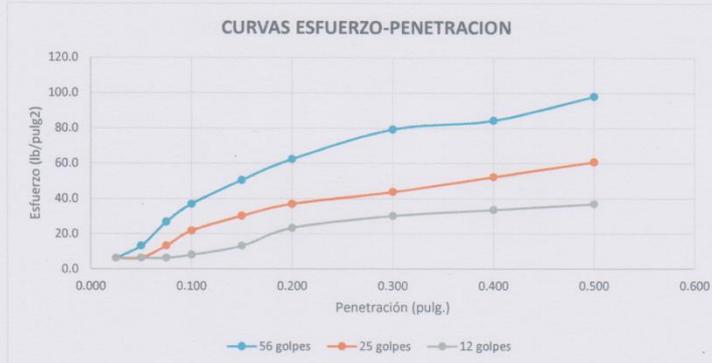
DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.754	0.594	0.951	0.749	1.450	1.142
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.812	0.639	1.274	1.003	1.952	1.537
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.848	0.668	1.569	1.235	2.080	1.638
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.856	0.674	1.723	1.357	2.152	1.694

CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES				COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC.	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	
	0.025	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4	
	0.050	2.00	39.6	13.2	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4	
	0.075	6.00	80.3	26.8	2.00	39.6	13.2	0.00	19.2	6.4	
	0.100	9.00	110.9	37.0	4.50	65.0	21.7	0.50	24.3	8.1	
	0.150	13.00	151.6	50.5	7.00	90.5	30.2	2.00	39.6	13.2	
	0.200	16.50	187.2	62.4	9.00	110.9	37.0	5.00	70.1	23.4	
	0.300	21.50	238.1	79.4	11.00	131.2	43.7	7.00	90.5	30.2	
	0.400	23.00	253.3	84.4	13.50	156.7	52.2	8.00	100.7	33.6	
	0.500	27.00	294.0	98.0	16.00	182.1	60.7	9.00	110.9	37.0	


Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA			
DENSIDAD SECA	1.83	1.83	1.82
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	3.70	2.17	0.81
C.B.R. 0.2"	4.16	2.46	1.56



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.834
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	15.00
C.B.R. AL 100 %	3.70


Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



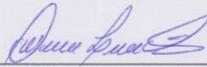
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO :	CBR(Relación de Soporte de California)-4% Cal	C1
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11665	11840	11625	11860	11560	11855
Peso de Molde	7214	7214	7195	7195	7144	7144
Peso de suelo Humedo	4451	4626	4430	4665	4416	4711
Volumen del molde	2123.5	2123.5	2122.5	2122.5	2123.5	2123.5
Densidad del Suelo Humedo	2.10	2.18	2.09	2.20	2.08	2.22
Cápsula N°	6	13	19	20	27	28
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	323.9	287.51	377.3	290.1	324.4	258.5
Peso de Suelo Seco + Cápsula	286.3	247.9	331.6	245.8	285.7	216.3
Peso de Agua	37.6	39.61	45.7	44.3	38.7	42.2
Peso de Cápsula	34.9	36.8	27.1	28.2	27.8	28
Peso de Suelo Seco	251.4	211.1	304.5	217.6	257.9	186.3
% de Humedad	14.96	18.76	15.01	20.36	15.01	22.41
Densidad de Suelo Seco	1.823	1.834	1.815	1.826	1.808	1.812

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.624	0.491	0.750	0.591	0.845	0.665
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.691	0.544	0.834	0.657	0.912	0.718
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.714	0.562	0.898	0.707	0.932	0.734
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.720	0.567	0.905	0.713	0.955	0.752

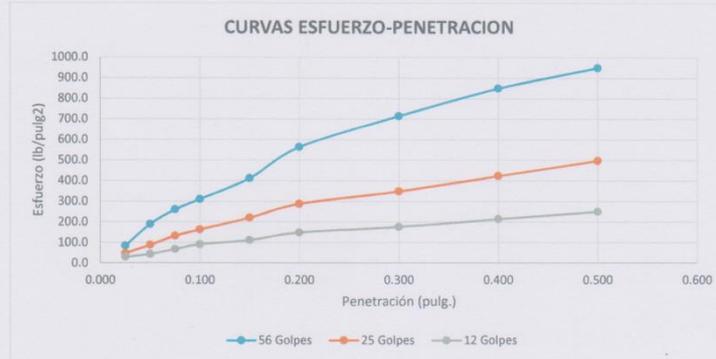
CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC.	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	23.00	253.3	84.4	12.00	141.4	47.1	7.00	90.5	30.2
	0.050	54.00	568.3	189.4	24.00	263.5	87.8	11.00	131.2	43.7
	0.075	75.00	781.4	260.5	37.00	395.7	131.9	18.00	202.5	67.5
	0.100	90.00	933.4	311.1	46.00	487.1	162.4	25.00	273.7	91.2
	0.150	120.00	1237.0	412.3	63.00	659.7	219.9	31.00	334.7	111.6
	0.200	165.00	1691.4	563.8	83.00	862.5	287.5	42.00	446.5	148.8
	0.300	210.00	2144.5	714.8	101.00	1044.8	348.3	50.00	527.7	175.9
	0.400	250.00	2546.2	848.7	123.00	1267.4	422.5	61.00	639.4	213.1
	0.500	280.00	2846.8	948.9	145.00	1489.6	496.5	72.00	751.0	250.3



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

	1.82	1.81	1.81
DENSIDAD SECA	1.82	1.81	1.81
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	31.11	16.24	9.12
C.B.R. 0.2"	37.59	19.17	9.92



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.823
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	14.99
C.B.R. AL 100 %.	31.11



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO :	BR(Relación de Soporte de California)-+ 4% Quim Kd-4t	C1
FECHA :		

COMPACTACION						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11664	11698	11592	11714	11598	11759
Peso de Molde	7195	7195	7135	7135	7144	7144
Peso de suelo Humedo	4469	4503	4457	4579	4454	4615
Volumen del molde	2122.5	2122.5	2123.8	2123.8	2123.5	2123.5
Densidad del Suelo Humedo	2.11	2.12	2.10	2.16	2.10	2.17
Cápsula N°	40	34	36	33	21	22
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	325.18	264.36	327.7	291.9	301.45	235.28
Peso de Suelo Seco + Cápsula	286.33	228.81	289.55	250.98	266.47	200.74
Peso de Agua	38.85	35.55	38.15	40.92	34.98	34.54
Peso de Cápsula	26.9	37.3	35.6	37.4	33.4	31.7
Peso de Suelo Seco	259.43	191.51	253.95	213.58	233.07	169.04
% de Humedad	14.98	18.56	15.02	19.16	15.01	20.43
Densidad de Suelo Seco	1.831	1.789	1.825	1.909	1.824	1.805

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	día 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	día 1	01:30 p.m.	24	0.621	0.489	0.771	0.607	0.934	0.735
	día 2	01:30 p.m.	48	0.641	0.505	0.799	0.629	0.969	0.763
	día 3	01:30 p.m.	72	0.654	0.515	0.821	0.646	0.995	0.783
	día 4	01:30 p.m.	96	0.658	0.518	0.823	0.648	1.014	0.798

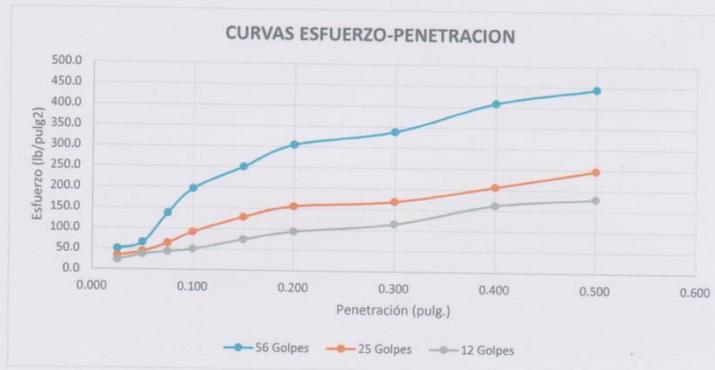
CARGA PENETRACIÓN	CARGA										
	PENETRAC..	COMP. 56 GOLPES				COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
		LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2		LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
0.025	13.00	151.6	50.5		8.00	100.7	33.6	5.00	70.1	23.4	
0.050	17.50	197.4	65.8		11.00	131.2	43.7	9.00	110.9	37.0	
0.075	38.50	410.9	137.0		17.00	192.3	64.1	11.00	131.2	43.7	
0.100	56.00	588.6	196.2		25.00	273.7	91.2	13.00	151.6	50.5	
0.150	72.00	751.0	250.3		36.00	385.5	128.5	20.00	222.8	74.3	
0.200	88.00	913.2	304.4		44.00	466.8	155.6	26.00	283.8	94.6	
0.300	98.00	1014.4	338.1		48.00	507.4	169.1	32.00	344.8	114.9	
0.400	119.00	1226.9	409.0		59.00	619.1	206.4	46.00	487.1	162.4	
0.500	129.50	1333.1	444.4		71.00	740.8	246.9	51.00	537.9	179.3	



Wesley J. Leónardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

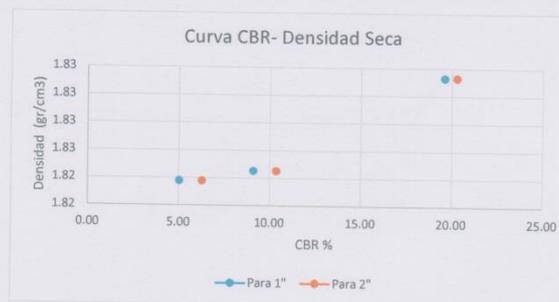


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

	1.83	1.82	1.82
DENSIDAD SECA	1.83	1.82	1.82
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	19.62	9.12	5.05
C.B.R. 0.2"	20.29	10.37	6.31



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.831
HUMEDAD OPTIMA (%)	15.00
C.B.R. AL 100 %.	19.62



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



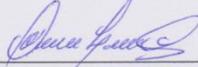
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	:BR[Relación de Soporte de California]+ 2% Quim Kd-4t	C1
FECHA :		

COMPACTACION						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11601	11692	11651	11814	11594	11809
Peso de Molde	7135	7135	7195	7195	7144	7144
Peso de suelo Humedo	4466	4557	4456	4619	4450	4665
Volumen del molde	2123.8	2123.8	2122.5	2122.5	2123.5	2123.5
Densidad del Suelo Humedo	2.10	2.15	2.10	2.18	2.10	2.20
Cápsula N°	5	1	33	34	36	14
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	324.15	284.51	335.1	291.3	323.18	245.23
Peso de Suelo Seco + Cápsula	286.47	248.81	296.24	251	285.68	208.6
Peso de Agua	37.68	35.7	38.86	40.3	37.5	36.63
Peso de Cápsula	35.2	34.9	37.4	37.3	35.6	36.9
Peso de Suelo Seco	251.27	213.91	258.84	213.7	250.08	171.7
% de Humedad	15.00	16.69	15.01	18.86	15.00	21.33
Densidad de Suelo Seco	1.829	1.839	1.825	1.831	1.822	1.811

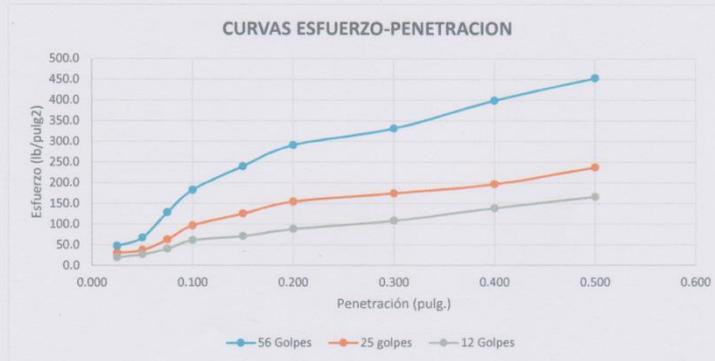
DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
dia 0		01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
dia 1		01:30 p.m.	24	0.642	0.506	0.771	0.607	0.934	0.735
dia 2		01:30 p.m.	48	0.678	0.534	0.799	0.629	0.969	0.763
dia 3		01:30 p.m.	72	0.682	0.537	0.821	0.646	0.995	0.783
dia 4		01:30 p.m.	96	0.683	0.538	0.823	0.648	1.014	0.798

CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC..	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	12.00	141.4	47.1	7.00	90.5	30.2	4.00	59.9	20.0
	0.050	18.00	202.5	67.5	9.00	110.9	37.0	6.00	80.3	26.8
	0.075	36.00	385.5	128.5	16.50	187.2	62.4	10.00	121.0	40.3
	0.100	52.00	548.0	182.7	26.50	288.9	96.3	16.00	182.1	60.7
	0.150	69.00	720.6	240.2	35.00	375.3	125.1	19.00	212.6	70.9
	0.200	84.00	872.6	290.9	43.50	461.7	153.9	24.00	263.5	87.8
	0.300	96.00	994.2	331.4	49.50	522.7	174.2	30.00	324.5	108.2
	0.400	116.00	1196.6	398.9	56.00	588.6	196.2	39.00	416.0	138.7
	0.500	132.00	1358.3	452.8	68.00	710.4	236.8	47.00	497.3	165.8


Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA			
DENSIDAD SECA	1.83	1.83	1.82
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	18.27	9.63	6.07
C.B.R. 0.2"	19.39	10.26	5.86



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.829
HUMEDAD OPTIMA (%)	15.00
C.B.R. AL 100 %.	18.27



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



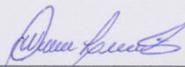
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	CBR(Relación de Soporte de California)+ 2% Cal	C1
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N°de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11680	11810	11594	11765	11635	11860
Peso de Molde	7204	7204	7135	7135	7195	7195
Peso de suelo Humedo	4476	4606	4459	4630	4440	4665
Volumen del molde	2124.7	2124.7	2123.8	2123.8	2125.5	2125.5
Densidad del Suelo Humedo	2.11	2.17	2.10	2.18	2.09	2.19
Cápsula N°	5	14	6	21	24	22
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	323.85	287.54	385.1	295.3	325.1	269.1
Peso de Suelo Seco + Cápsula	286.25	248.2	339.4	251	286.4	225.6
Peso de Agua	37.6	39.34	45.7	44.3	38.7	43.5
Peso de Cápsula	35.2	36.9	34.9	33.4	28.5	31.7
Peso de Suelo Seco	251.05	211.3	304.5	217.6	257.9	193.9
% de Humedad	14.98	18.62	15.01	20.36	15.01	22.43
Densidad de Suelo Seco	1.832	1.828	1.826	1.811	1.816	1.793

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.705	0.555	0.853	0.672	0.945	0.744
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.768	0.605	0.967	0.761	1.005	0.791
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.816	0.643	1.354	1.066	1.245	0.980
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.831	0.654	1.560	1.228	1.323	1.042

CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC.	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	11.00	131.2	43.7	6.00	80.3	26.8	3.50	54.9	18.3
	0.050	25.00	273.7	91.2	13.00	151.6	50.5	7.00	90.5	30.2
	0.075	34.00	365.2	121.7	17.00	192.3	64.1	8.50	105.8	35.3
	0.100	48.00	507.4	169.1	25.00	273.7	91.2	15.00	171.9	57.3
	0.150	61.00	639.4	213.1	33.00	355.0	118.3	17.00	192.3	64.1
	0.200	80.00	832.1	277.4	41.00	436.3	145.4	20.50	227.9	76.0
	0.300	95.00	984.1	328.0	48.00	507.4	169.1	24.00	263.5	87.8
	0.400	101.00	1044.8	348.3	52.00	548.0	182.7	26.00	283.8	94.6
	0.500	115.00	1186.5	395.5	54.50	573.4	191.1	28.00	304.2	101.4

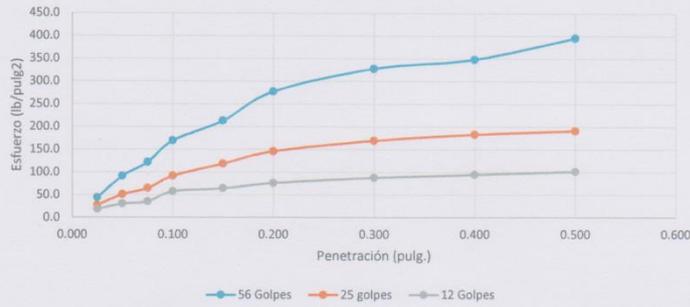


Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

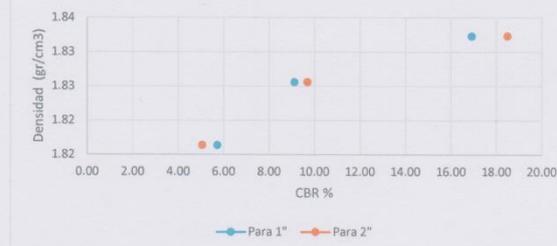
CURVAS ESFUERZO-PENETRACION



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

DENSIDAD SECA	1.83	1.83	1.82
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	16.91	9.12	5.73
C.B.R. 0.2"	18.49	9.70	5.06

Curva CBR- Densidad Seca



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.832
HUMEDAD OPTIMA (%)	15.00
C.B.R. AL 100 %.	16.91

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , PREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	CBR(Relación de Soporte de California)-SIN ADICIÓN	C3
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N°de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11261	11349	11182	11345	11297	11548
Peso de Molde	7204	7204	7135	7135	7245	7245
Peso de suelo Humedo	4057	4145	4047	4210	4052	4303
Volumen del molde	2124.7	2124.7	2123.8	2123.8	2125.2	2125.2
Densidad del Suelo Humedo	1.91	1.95	1.91	1.98	1.91	2.02
Cápsula N°	33	34	39	40	43	44
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	278.23	277.54	256.71	285.3	267.5	269.1
Peso de Suelo Seco + Cápsula	249.56	241.85	229.59	242.9	239.15	222.8
Peso de Agua	28.67	35.69	27.12	42.4	28.35	46.3
Peso de Cápsula	37.4	37.3	28.7	26.9	29.3	29.2
Peso de Suelo Seco	212.16	204.55	200.89	216	209.85	193.6
% de Humedad	13.51	17.45	13.50	19.63	13.51	23.92
Densidad de Suelo Seco	1.682	1.661	1.679	1.657	1.680	1.634

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.689	0.543	0.980	0.772	1.254	0.987
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.789	0.621	1.145	0.902	1.654	1.302
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.845	0.665	1.370	1.079	1.987	1.565
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.954	0.751	1.754	1.381	2.054	1.617

CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES				COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC.	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	
	0.025	1.50	34.5	11.5	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4	
	0.050	3.00	49.8	16.6	1.00	29.4	9.8	0.00	19.2	6.4	
	0.075	7.00	90.5	30.2	3.00	49.8	16.6	1.50	34.5	11.5	
	0.100	9.50	115.9	38.6	6.00	80.3	26.8	4.00	59.9	20.0	
	0.150	15.50	177.0	59.0	8.00	100.7	33.6	6.00	80.3	26.8	
	0.200	15.50	177.0	59.0	12.00	141.4	47.1	8.50	105.8	35.3	
	0.300	18.00	202.5	67.5	14.00	161.8	53.9	11.00	131.2	43.7	
	0.400	19.00	212.6	70.9	16.00	182.1	60.7	13.50	156.7	52.2	
	0.500	20.50	227.9	78.0	18.00	202.5	67.5	15.00	171.9	57.3	



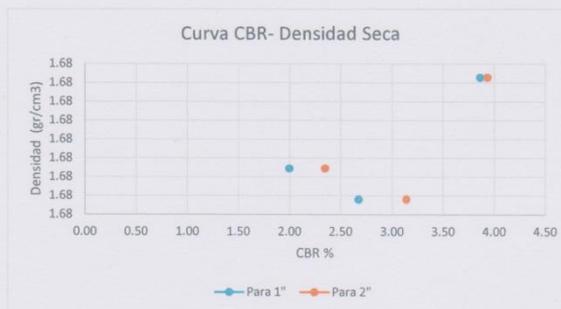
Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



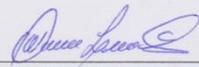
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA			
DENSIDAD SECA	1.68	1.68	1.68
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	3.86	2.68	2.00
C.B.R. 0.2"	3.93	3.14	2.35



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.682
HUMEDAD OPTIMA (%)	13.51
C.B.R. AL 100 %.	3.86


Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	:BR(Relación de Soporte de California)-+ 2% Quim Kd-4f	C3
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11265	11316	11189	11314	11299	11469
Peso de Molde	7204	7204	7135	7135	7245	7245
Peso de suelo Humedo	4061	4112	4054	4179	4054	4224
Volumen del molde	2124.7	2124.7	2123.8	2123.8	2125.2	2125.2
Densidad del Suelo Humedo	1.91	1.94	1.91	1.97	1.91	1.99
Cápsula N°	33	34	39	40	43	44
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	258.23	277.04	256.71	385.25	217.9	244.77
Peso de Suelo Seco + Cápsula	231.93	245.45	229.59	330.51	195.49	208.25
Peso de Agua	26.3	31.59	27.12	54.74	22.41	36.52
Peso de Cápsula	37.4	37.3	28.7	26.9	29.3	29.2
Peso de Suelo Seco	194.53	208.15	200.89	303.61	166.19	179.05
% de Humedad	13.52	15.18	13.50	18.03	13.48	20.40
Densidad de Suelo Seco	1.684	1.680	1.682	1.667	1.681	1.651

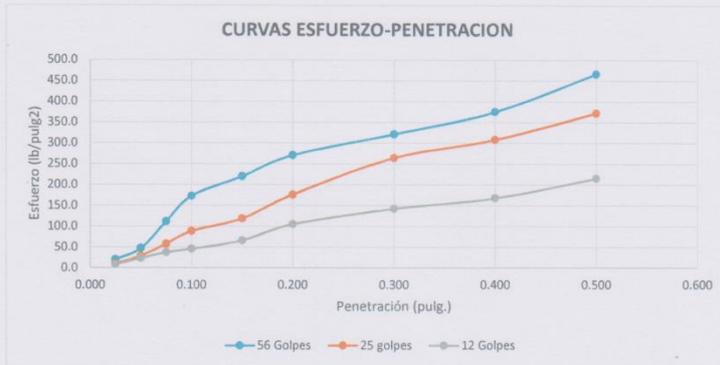
DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.665	0.524	0.745	0.587	0.965	0.760
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.695	0.547	0.806	0.635	1.014	0.798
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.713	0.561	0.912	0.718	1.085	0.854
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.724	0.570	0.915	0.720	1.125	0.886

CARGA PENETRACIÓN	CARGA		COMP. 56 GOLPES				COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC.		LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	
	0.025		4.00	59.9	20.0	1.00	29.4	9.8	0.50	24.3	8.1	
0.050		12.00	141.4	47.1	6.50	85.4	28.5	5.00	70.1	23.4		
0.075		31.00	334.7	111.6	15.00	171.9	57.3	9.00	110.9	37.0		
0.100		49.00	517.6	172.5	24.00	263.5	87.8	11.50	136.3	45.4		
0.150		63.00	659.7	219.9	33.00	355.0	118.3	17.50	197.4	65.8		
0.200		78.00	811.8	270.6	50.00	527.7	175.9	29.00	314.3	104.8		
0.300		93.00	963.8	321.3	76.00	791.5	263.8	40.00	426.2	142.1		
0.400		109.00	1125.8	375.3	89.00	923.3	307.8	47.50	502.3	167.4		
0.500		136.00	1398.7	466.2	108.00	1115.7	371.9	61.50	644.5	214.8		


Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA

DENSIDAD SECA	1.68	1.68	1.68
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	17.25	8.78	4.54
C.B.R. 0.2"	18.04	11.73	6.99



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm3)	1.684
HUMEDAD OPTIMA (%)	13.50
C.B.R. AL 100 %.	17.25

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



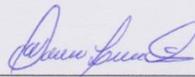
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	CBR[Relación de Soporte de California]+ 2% Cal	C3
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11280	11370	11200	11365	11309	11570
Peso de Molde	7204	7204	7135	7135	7245	7245
Peso de suelo Humedo	4076	4166	4065	4230	4064	4325
Volumen del molde	2124.7	2124.7	2123.8	2123.8	2125.2	2125.2
Densidad del Suelo Humedo	1.92	1.96	1.91	1.99	1.91	2.04
Cápsula N°	5	14	6	21	24	22
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	273.35	272.5	252.15	284.1	265.55	266.1
Peso de Suelo Seco + Cápsula	244.9	237.85	224.6	242.5	235.3	222.9
Peso de Agua	28.45	34.65	27.55	41.6	30.25	43.2
Peso de Cápsula	35.2	36.9	34.9	33.4	28.5	31.7
Peso de Suelo Seco	209.7	200.95	189.7	209.1	206.8	191.2
% de Humedad	13.57	17.24	14.52	19.89	14.63	22.59
Densidad de Suelo Seco	1.689	1.672	1.671	1.661	1.668	1.660

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	día 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	día 1	01:30 p.m.	24	0.695	0.547	0.770	0.606	0.845	0.665
	día 2	01:30 p.m.	48	0.755	0.594	0.855	0.673	0.948	0.746
	día 3	01:30 p.m.	72	0.801	0.631	0.925	0.728	1.002	0.789
	día 4	01:30 p.m.	96	0.819	0.645	0.941	0.741	1.015	0.799

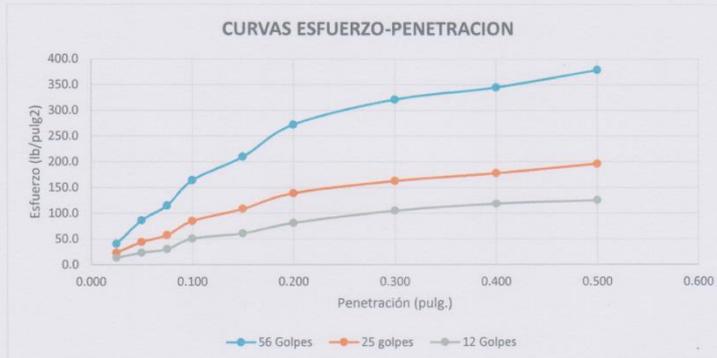
CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC.	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	10.00	121.0	40.3	5.00	70.1	23.4	2.00	39.6	13.2
0.050	23.50	258.4	86.1	11.00	131.2	43.7	5.00	70.1	23.4	
0.075	32.00	344.8	114.9	15.00	171.9	57.3	7.00	90.5	30.2	
0.100	46.50	492.2	164.1	23.00	253.3	84.4	13.00	151.6	50.5	
0.150	60.00	629.2	209.7	30.00	324.5	108.2	16.00	182.1	60.7	
0.200	78.50	816.9	272.3	39.00	416.0	138.7	22.00	243.2	81.1	
0.300	93.00	963.8	321.3	46.00	487.1	162.4	29.00	314.3	104.8	
0.400	100.00	1034.7	344.9	50.50	532.8	177.6	33.00	355.0	118.3	
0.500	110.00	1135.9	378.6	56.00	588.6	196.2	35.00	375.3	125.1	



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

	1.69	1.67	1.67
DENSIDAD SECA	1.69	1.67	1.67
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	16.41	8.44	5.05
C.B.R. 0.2"	18.15	9.24	5.40



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.689
HUMEDAD OPTIMA (%)	14.24
C.B.R. AL 100 %.	16.41

Wesley J. Leónardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	:BR[Relación de Soporte de California]-+ 4% Quim Kd-4(C3
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11267	11321	11191	11314	11299	11475
Peso de Molde	7204	7204	7135	7135	7245	7245
Peso de suelo Humedo	4063	4117	4056	4179	4054	4230
Volumen del molde	2124.7	2124.7	2123.8	2123.8	2125.2	2125.2
Densidad del Suelo Humedo	1.91	1.94	1.91	1.97	1.91	1.99
Cápsula N°	33	34	39	40	43	44
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	325.83	278.79	241.12	349.45	234.12	266.46
Peso de Suelo Seco + Cápsula	291.49	245.85	215.85	300.13	209.75	227.25
Peso de Agua	34.34	32.94	25.27	49.32	24.37	39.21
Peso de Cápsula	37.4	37.3	28.7	26.9	29.3	29.2
Peso de Suelo Seco	254.09	208.55	187.15	273.23	180.45	198.05
% de Humedad	13.51	15.79	13.50	18.05	13.51	19.80
Densidad de Suelo Seco	1.685	1.673	1.683	1.667	1.681	1.661

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.633	0.498	0.749	0.590	0.875	0.689
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.648	0.510	0.765	0.602	0.895	0.705
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.649	0.511	0.789	0.621	0.912	0.718
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.710	0.559	0.790	0.622	0.912	0.718

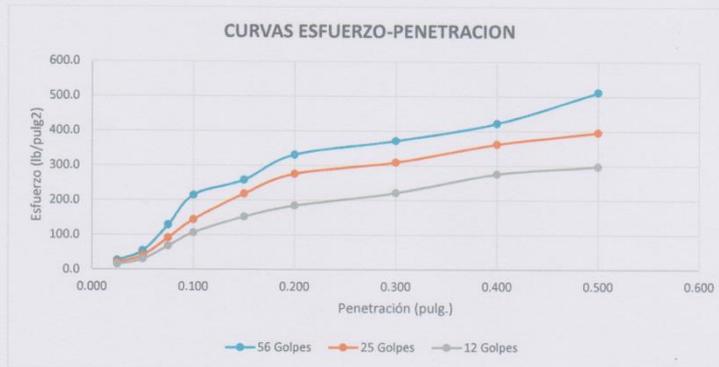
CARGA PENETRACIÓN	CARGA		COMP. 56 GOLPES				COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC.	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2		
	0.025	6.00	80.3	26.8	4.00	59.9	20.0	2.50	44.7	14.9		
0.050	14.00	161.8	53.9	10.00	121.0	40.3	7.00	90.5	30.2			
0.075	36.00	385.5	128.5	25.00	273.7	91.2	18.00	202.5	67.5			
0.100	61.50	644.5	214.8	40.50	431.2	143.7	29.50	319.4	106.5			
0.150	74.50	776.3	258.8	62.50	654.6	218.2	43.00	456.6	152.2			
0.200	96.00	994.2	331.4	79.50	827.0	275.7	52.50	553.1	184.4			
0.300	108.00	1115.7	371.9	89.50	928.4	309.5	63.50	664.8	221.6			
0.400	123.00	1267.4	422.5	105.00	1085.3	361.8	79.50	827.0	275.7			
0.500	149.50	1535.0	511.7	115.00	1186.5	395.5	86.00	892.9	297.6			



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

	1.68	1.68	1.68
DENSIDAD SECA	1.68	1.68	1.68
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	21.48	14.37	10.65
C.B.R. 0.2"	22.09	18.38	12.29



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm3)	1.685
HUMEDAD OPTIMA (%)	13.51
C.B.R. AL 100 %.	21.48

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



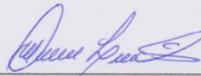
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	CBR[Relación de Soporte de California]-4% Cal	C3
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11267	11321	11191	11314	11299	11475
Peso de Molde	7204	7204	7135	7135	7245	7245
Peso de suelo Humedo	4063	4117	4056	4179	4054	4230
Volumen del molde	2124.7	2124.7	2123.8	2123.8	2125.2	2125.2
Densidad del Suelo Humedo	1.91	1.94	1.91	1.97	1.91	1.99
Cápsula N°	33	34	39	40	43	44
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	325.83	278.79	241.12	349.45	234.12	266.46
Peso de Suelo Seco + Cápsula	291.49	245.85	215.85	300.13	209.75	227.25
Peso de Agua	34.34	32.94	25.27	49.32	24.37	39.21
Peso de Cápsula	37.4	37.3	28.7	26.9	29.3	29.2
Peso de Suelo Seco	254.09	208.55	187.15	273.23	180.45	198.05
% de Humedad	13.51	15.79	13.50	18.05	13.51	19.80
Densidad de Suelo Seco	1.685	1.673	1.683	1.667	1.681	1.661

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.633	0.498	0.749	0.590	0.875	0.689
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.648	0.510	0.765	0.602	0.895	0.705
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.649	0.511	0.789	0.621	0.912	0.718
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.710	0.559	0.790	0.622	0.912	0.718

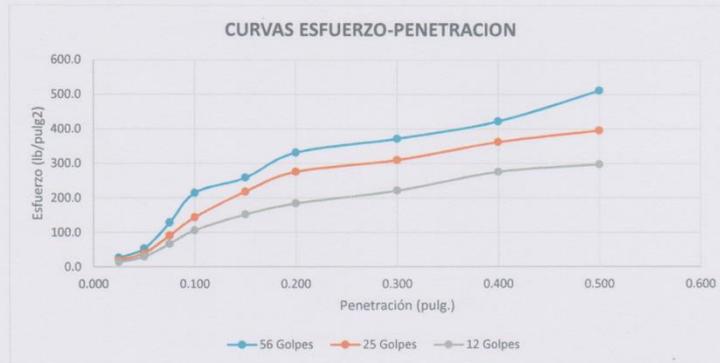
CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC...	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	6.00	80.3	26.8	4.00	59.9	20.0	2.50	44.7	14.9
	0.050	14.00	161.8	53.9	10.00	121.0	40.3	7.00	90.5	30.2
	0.075	36.00	385.5	128.5	25.00	273.7	91.2	18.00	202.5	67.5
	0.100	61.50	644.5	214.8	40.50	431.2	143.7	29.50	319.4	106.5
	0.150	74.50	776.3	258.8	62.50	654.6	218.2	43.00	456.6	152.2
	0.200	96.00	994.2	331.4	79.50	827.0	275.7	52.50	553.1	184.4
	0.300	108.00	1115.7	371.9	89.50	928.4	309.5	63.50	664.8	221.6
	0.400	123.00	1267.4	422.5	105.00	1085.3	361.8	79.50	827.0	275.7
	0.500	149.50	1535.0	511.7	115.00	1186.5	395.5	86.00	892.9	297.6



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

	1.68	1.68	1.68
DENSIDAD SECA	1.68	1.68	1.68
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	21.48	14.37	10.65
C.B.R. 0.2"	22.09	18.38	12.29



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm3)	1.685
HUMEDAD OPTIMA (%)	13.51
C.B.R. AL 100 %.	21.48


Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



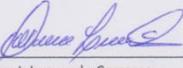
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS : INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019
AUTORES : EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA
UBICACIÓN : HUAMACHUCO- CAJABAMBA
ENSAYO : CBR(Relación de Soporte de California)-SIN ADICIÓN C5
FECHA :

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11389	11458	11360	11508	11310	11598
Peso de Molde	7214	7214	7195	7195	7144	7144
Peso de suelo Humedo	4175	4244	4165	4313	4166	4454
Volumen del molde	2123.5	2123.5	2122.5	2122.5	2123.5	2123.5
Densidad del Suelo Humedo	1.97	2.00	1.96	2.03	1.96	2.10
Cápsula N°	5	14	6	21	24	22
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	268.94	269.69	366.44	323.65	315.66	267.1
Peso de Suelo Seco + Cápsula	244.81	238	332.24	278.65	286	222.6
Peso de Agua	24.13	31.69	34.2	45	29.66	44.5
Peso de Cápsula	35.2	36.9	34.9	33.4	28.5	31.7
Peso de Suelo Seco	209.61	201.1	297.34	245.25	257.5	190.9
% de Humedad	11.51	15.76	11.50	18.35	11.52	23.31
Densidad de Suelo Seco	1.763	1.727	1.760	1.717	1.759	1.701

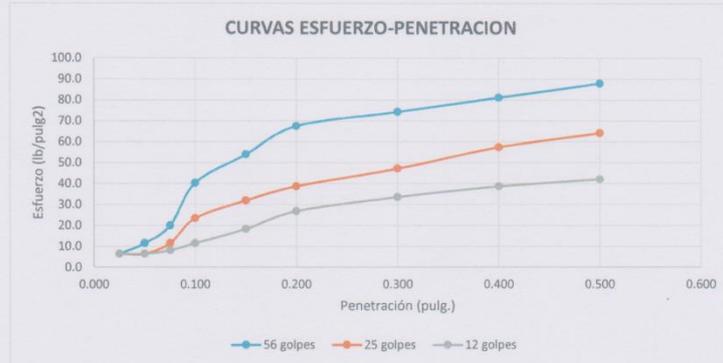
DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.748	0.589	0.947	0.746	1.267	0.998
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.806	0.635	1.285	1.012	1.845	1.453
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.841	0.662	1.547	1.218	2.015	1.587
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.865	0.681	1.764	1.389	2.058	1.620

CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC..	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4
	0.050	1.50	34.5	11.5	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4
	0.075	4.00	59.9	20.0	1.50	34.5	11.5	0.50	24.3	8.1
	0.100	10.00	121.0	40.3	5.00	70.1	23.4	1.50	34.5	11.5
	0.150	14.00	161.8	53.9	7.50	95.6	31.9	3.50	54.9	18.3
	0.200	18.00	202.5	67.5	9.50	115.9	38.6	6.00	80.3	26.8
	0.300	20.00	222.8	74.3	12.00	141.4	47.1	8.00	100.7	33.6
	0.400	22.00	243.2	81.1	15.00	171.9	57.3	9.50	115.9	38.6
	0.500	24.00	263.5	87.8	17.00	192.3	64.1	10.50	126.1	42.0


Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

DENSIDAD SECA	1.76	1.76	1.76
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	4.03	2.34	1.15
C.B.R. 0.2"	4.50	2.58	1.78



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.763
HUMEDAD OPTIMA (%)	11.51
C.B.R. AL 100 %.	4.03

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	:BR(Relación de Soporte de California)-+ 2% Quim Kd-4l	C5
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N°de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(g)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11498	11551	11371	11486	11312	11498
Peso de Molde	7214	7214	7195	7195	7144	7144
Peso de suelo Humedo	4284	4337	4176	4291	4168	4354
Volumen del molde	2123.5	2123.5	2122.5	2122.5	2123.5	2123.5
Densidad del Suelo Humedo	2.02	2.04	1.97	2.02	1.96	2.05
Cápsula N°	5	6	24	21	20	22
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	265.23	269.69	391.98	268.86	315.75	230.92
Peso de Suelo Seco + Cápsula	241.46	239.85	354.48	228.65	286.09	195.6
Peso de Agua	23.77	29.84	37.5	40.21	29.66	35.32
Peso de Cápsula	35.2	34.9	28.5	33.4	28.2	31.7
Peso de Suelo Seco	206.26	204.95	325.98	195.25	257.89	163.9
% de Humedad	11.52	14.56	11.50	20.59	11.50	21.55
Densidad de Suelo Seco	1.809	1.783	1.765	1.676	1.760	1.687

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	día 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	día 1	01:30 p.m.	24	0.499	0.393	0.645	0.508	0.835	0.657
	día 2	01:30 p.m.	48	0.529	0.416	0.689	0.543	0.889	0.700
	día 3	01:30 p.m.	72	0.542	0.427	0.709	0.558	0.900	0.709
	día 4	01:30 p.m.	96	0.543	0.428	0.715	0.563	0.900	0.709

CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC..	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	12.00	141.4	47.1	8.00	100.7	33.6	2.00	39.6	13.2
	0.050	22.00	243.2	81.1	17.50	197.4	65.8	10.00	121.0	40.3
	0.075	34.50	370.3	123.4	24.00	263.5	87.8	17.00	192.3	64.1
	0.100	61.50	644.5	214.8	45.00	476.9	159.0	38.00	405.8	135.3
	0.150	72.00	751.0	250.3	55.50	583.6	194.5	43.50	461.7	153.9
	0.200	96.50	999.3	333.1	77.00	801.7	267.2	51.50	543.0	181.0
	0.300	118.00	1216.8	405.6	104.00	1075.2	358.4	78.00	811.8	270.6
	0.400	136.50	1403.8	467.9	118.00	1216.8	405.6	86.00	892.9	297.6
	0.500	168.00	1721.6	573.9	132.50	1363.4	454.5	106.50	1100.5	366.8


Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

	1.81	1.76	1.76
DENSIDAD SECA	1.81	1.76	1.76
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	21.48	15.90	13.53
C.B.R. 0.2"	22.21	17.82	12.07



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.809
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	11.51
C.B.R. AL 100 %	21.48

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	CBR(Relación de Soporte de California)+ 2% Cal	C5
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11415	11515	11321	11534	11422	11740
Peso de Molde	7204	7204	7135	7135	7245	7245
Peso de suelo Humedo	4211	4311	4186	4399	4177	4495
Volumen del molde	2124.7	2124.7	2123.8	2123.8	2125.2	2125.2
Densidad del Suelo Humedo	1.98	2.03	1.97	2.07	1.97	2.12
Cápsula N°	13	14	23	24	5	6
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	294.37	235.5	320.24	284.23	254.68	253.95
Peso de Suelo Seco + Cápsula	254.28	200.2	274.62	234.95	220.45	211.75
Peso de Agua	40.09	35.3	45.62	49.28	34.23	42.2
Peso de Cápsula	36.8	36.9	27.6	28.5	35.2	34.9
Peso de Suelo Seco	217.48	163.3	247.02	206.45	185.25	176.85
% de Humedad	18.43	21.62	18.47	23.87	18.48	23.86
Densidad de Suelo Seco	1.673	1.668	1.664	1.672	1.659	1.708

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.760	0.598	0.995	0.783	1.200	0.945
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.825	0.650	1.325	1.043	1.680	1.323
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.860	0.677	1.555	1.224	1.850	1.457
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.880	0.693	1.710	1.346	1.980	1.559

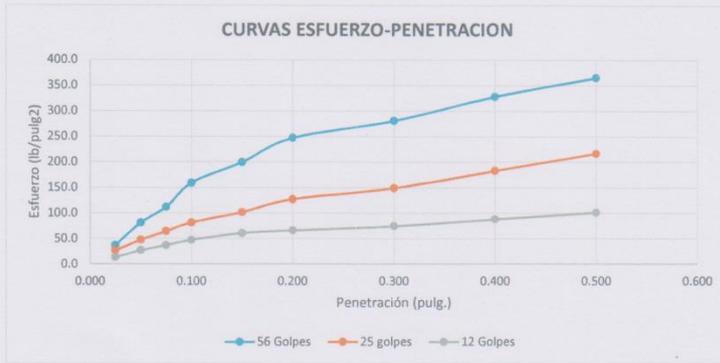
CARGA PENETRACIÓN	CARGA			COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC..	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2		
	0.025	9.00	110.9	37.0	6.00	80.3	26.8	2.00	39.6	13.2		
0.050	22.00	243.2	81.1	12.00	141.4	47.1	6.00	80.3	26.8			
0.075	31.00	334.7	111.6	17.00	192.3	64.1	9.00	110.9	37.0			
0.100	45.00	476.9	159.0	22.00	243.2	81.1	12.00	141.4	47.1			
0.150	57.00	598.8	199.6	28.00	304.2	101.4	16.00	182.1	60.7			
0.200	71.00	740.8	246.9	35.50	380.4	126.8	17.50	197.4	65.8			
0.300	81.00	842.2	280.7	42.00	446.5	148.8	20.00	222.8	74.3			
0.400	95.00	984.1	328.0	52.00	548.0	182.7	24.00	263.5	87.8			
0.500	106.00	1095.4	365.1	62.00	649.5	216.5	28.00	304.2	101.4			



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA

		1.67	1.66	1.66
DENSIDAD SECA		1.67	1.66	1.66
N.º DE GOLPES		56	25	12
C.B.R. 0.1"		15.90	8.11	4.71
C.B.R. 0.2"		16.46	8.45	4.39



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm3)	1.673
HUMEDAD OPTIMA (%)	18.46
C.B.R. AL 100 %	15.90

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	CBR(Relación de Soporte de California)-+ 4% Cal	C5
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11429	11530	11345	11550	11295	11685
Peso de Molde	7214	7214	7195	7195	7144	7144
Peso de suelo Humedo	4215	4316	4150	4355	4151	4541
Volumen del molde	2123.5	2123.5	2125.5	2125.5	2123.5	2123.5
Densidad del Suelo Humedo	1.98	2.03	1.95	2.05	1.95	2.14
Cápsula N°	15	16	19	20	33	34
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	299.8	230	320.6	274.2	253.78	253.95
Peso de Suelo Seco + Cápsula	257.3	195.2	274.72	231.4	219.99	211.75
Peso de Agua	42.5	34.8	45.88	42.8	33.79	42.2
Peso de Cápsula	27.8	28.5	27.1	28.2	37.4	37.3
Peso de Suelo Seco	229.5	166.7	247.62	203.2	182.59	174.45
% de Humedad	18.52	20.88	18.53	21.06	18.51	24.19
Densidad de Suelo Seco	1.675	1.681	1.647	1.692	1.650	1.722

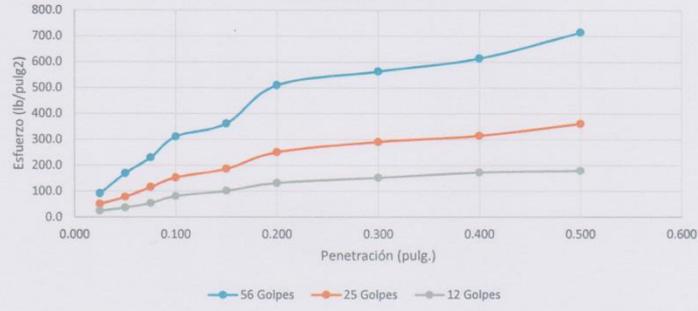
DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.665	0.524	0.730	0.575	0.890	0.701
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.725	0.571	0.785	0.618	0.944	0.743
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.750	0.591	0.820	0.646	0.990	0.780
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.772	0.608	0.835	0.657	1.022	0.805

CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC..	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	25.00	273.7	91.2	13.00	151.6	50.5	5.50	75.2	25.1
	0.050	48.00	507.4	169.1	21.00	233.0	77.7	9.00	110.9	37.0
	0.075	66.00	690.1	230.0	32.00	344.8	114.9	14.00	161.8	53.9
	0.100	90.00	933.4	311.1	43.00	456.6	152.2	22.00	243.2	81.1
	0.150	105.00	1085.3	361.8	53.00	558.2	186.1	28.00	304.2	101.4
	0.200	149.00	1530.0	510.0	72.00	751.0	250.3	37.00	395.7	131.9
	0.300	165.00	1691.4	563.8	84.00	872.6	290.9	43.00	456.6	152.2
	0.400	180.00	1842.6	614.2	91.00	943.5	314.5	49.00	517.6	172.5
	0.500	210.00	2144.5	714.8	105.00	1085.3	361.8	51.00	537.9	179.3


Wesley J. Leonardo Carrasco
CURVAS ESFUERZO-PENETRACION
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA			
DENSIDAD SECA	1.67	1.65	1.65
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	31.11	15.22	8.11
C.B.R. 0.2"	34.00	16.69	8.79



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.675
HUMEDAD OPTIMA (%)	18.52
C.B.R. AL 100 %.	31.11

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



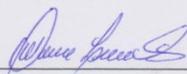
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	:BR(Relación de Soporte de California)-+ 4% Quim Kd-4(C5
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N°de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11498	11551	11371	11486	11312	11498
Peso de Molde	7214	7214	7195	7195	7144	7144
Peso de suelo Humedo	4284	4337	4176	4291	4168	4354
Volumen del molde	2123.5	2123.5	2122.5	2122.5	2123.5	2123.5
Densidad del Suelo Humedo	2.02	2.04	1.97	2.02	1.96	2.05
Cápsula N°	5	6	24	21	20	22
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	265.23	269.69	391.98	268.86	315.75	230.92
Peso de Suelo Seco + Cápsula	241.46	239.85	354.48	228.65	286.09	195.6
Peso de Agua	23.77	29.84	37.5	40.21	29.66	35.32
Peso de Cápsula	35.2	34.9	28.5	33.4	28.2	31.7
Peso de Suelo Seco	206.26	204.95	325.98	195.25	257.89	163.9
% de Humedad	11.52	14.56	11.50	20.59	11.50	21.55
Densidad de Suelo Seco	1.809	1.783	1.765	1.676	1.760	1.687

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.499	0.393	0.645	0.508	0.835	0.657
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.529	0.416	0.689	0.543	0.889	0.700
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.542	0.427	0.709	0.558	0.900	0.709
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.543	0.428	0.715	0.563	0.900	0.709

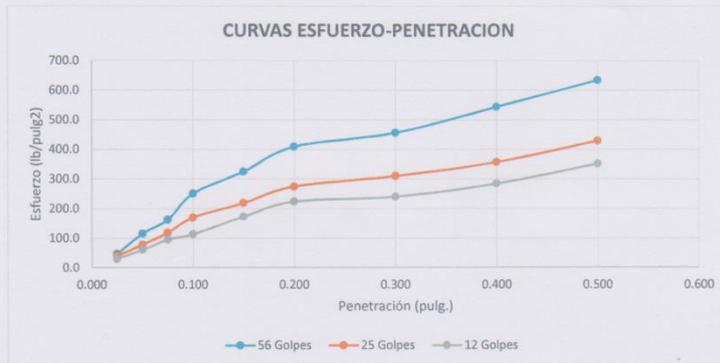
CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC..	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	12.00	141.4	47.1	10.00	121.0	40.3	7.00	90.5	30.2
0.050	32.00	344.8	114.9	21.00	233.0	77.7	16.00	182.1	60.7	
0.075	46.00	487.1	162.4	33.00	355.0	118.3	26.00	283.8	94.6	
0.100	72.00	751.0	250.3	48.00	507.4	169.1	31.50	339.8	113.3	
0.150	94.00	973.9	324.6	62.50	654.6	218.2	49.00	517.6	172.5	
0.200	119.00	1226.9	409.0	79.00	822.0	274.0	64.00	669.8	223.3	
0.300	133.00	1368.4	456.1	89.50	928.4	309.5	69.00	720.6	240.2	
0.400	159.00	1630.9	543.6	103.50	1070.1	356.7	82.00	852.4	284.1	
0.500	186.00	1903.0	634.3	125.00	1287.6	429.2	102.00	1054.9	351.6	



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

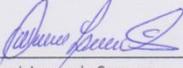


RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

	1.81	1.76	1.76
DENSIDAD SECA	1.81	1.76	1.76
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	25.03	16.91	11.33
C.B.R. 0.2"	27.26	18.27	14.89



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.809
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	11.51
C.B.R. AL 100 %.	25.03


Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO :	CBR(Relación de Soporte de California)-SIN ADICIÓN	C7
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11291	11364	11268	11415	11213	11409
Peso de Molde	7214	7214	7195	7195	7144	7144
Peso de suelo Humedo	4077	4150	4073	4220	4069	4265
Volumen del molde	2123.5	2123.5	2122.5	2122.5	2123.5	2123.5
Densidad del Suelo Humedo	1.92	1.95	1.92	1.99	1.92	2.01
Cápsula N°	39	40	43	44	33	34
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	366.24	234.22	395.40	334.21	323.65	392.12
Peso de Suelo Seco + Cápsula	305.38	192.6	329.37	268.54	272.02	310.6
Peso de Agua	60.86	41.62	66.03	65.67	51.63	81.52
Peso de Cápsula	28.7	26.9	29.3	29.2	37.4	37.3
Peso de Suelo Seco	276.68	165.7	300.07	239.34	234.62	273.3
% de Humedad	22.00	25.12	22.00	27.44	22.01	29.83
Densidad de Suelo Seco	1.574	1.562	1.573	1.560	1.571	1.547

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	día 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	día 1	01:30 p.m.	24	0.987	0.777	1.173	0.924	1.963	1.546
	día 2	01:30 p.m.	48	1.165	0.917	1.459	1.149	2.421	1.906
	día 3	01:30 p.m.	72	1.264	0.995	1.684	1.326	2.896	2.280
	día 4	01:30 p.m.	96	1.354	1.066	1.711	1.347	3.250	2.559

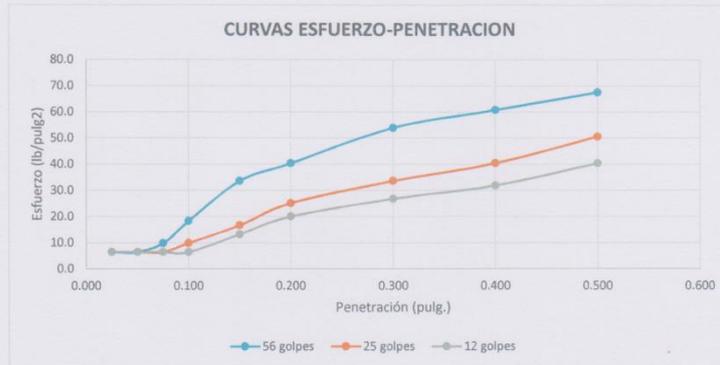
CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC...	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4
	0.050	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4
	0.075	1.00	29.4	9.8	0.00	19.2	6.4	0.00	19.2	6.4
	0.100	3.50	54.9	18.3	1.00	29.4	9.8	0.00	19.2	6.4
	0.150	8.00	100.7	33.6	3.00	49.8	16.6	2.00	39.6	13.2
	0.200	10.00	121.0	40.3	5.50	75.2	25.1	4.00	59.9	20.0
	0.300	14.00	161.6	53.9	8.00	100.7	33.6	6.00	80.3	26.8
	0.400	16.00	182.1	60.7	10.00	121.0	40.3	7.50	95.6	31.9
	0.500	18.00	202.5	67.5	13.00	151.6	50.5	10.00	121.0	40.3



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

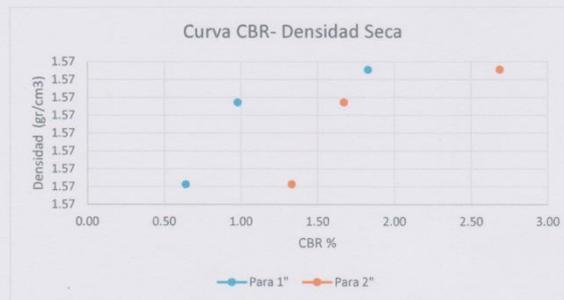


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA

		56	25	12
DENSIDAD SECA		1.57	1.57	1.57
N.º DE GOLPES		56	25	12
C.B.R.	0.1"	1.83	0.98	0.64
C.B.R.	0.2"	2.69	1.67	1.33



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.574
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	22.00
C.B.R. AL 100 %	1.83

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



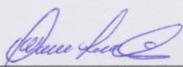
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	CBR(Relación de Soporte de California)-> 2% Cal	C7
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11300	11420	11350	11515	11398	11510
Peso de Molde	7204	7204	7135	7135	7245	7245
Peso de suelo Humedo	4096	4216	4215	4380	4153	4265
Volumen del molde	2124.7	2124.7	2123.8	2123.8	2125.2	2125.2
Densidad del Suelo Humedo	1.93	1.98	1.98	2.06	1.95	2.01
Cápsula N°	13	14	23	24	5	6
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	365.55	233.4	399.90	332.6	342.65	392.12
Peso de Suelo Seco + Cápsula	305.2	192.2	322.15	267.5	280.52	310.6
Peso de Agua	60.35	41.2	77.75	65.1	62.13	81.52
Peso de Cápsula	36.8	36.9	27.6	28.5	35.2	34.9
Peso de Suelo Seco	268.4	155.3	294.55	239	245.32	275.7
% de Humedad	22.49	26.53	26.40	27.24	25.33	29.57
Densidad de Suelo Seco	1.574	1.568	1.570	1.621	1.559	1.549

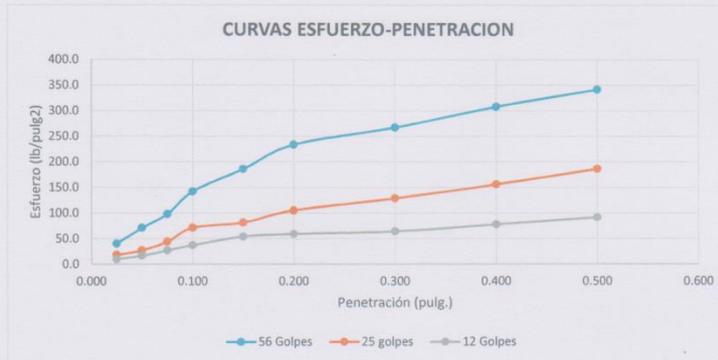
DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.897	0.706	0.995	0.783	1.200	0.945
	dia 2	01:30 p.m.	48	1.285	1.012	1.645	1.295	1.921	1.513
	dia 3	01:30 p.m.	72	1.665	1.311	2.005	1.579	2.345	1.846
	dia 4	01:30 p.m.	96	1.781	1.402	2.108	1.660	2.457	1.935

CARGA PENETRACIÓN	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	CARGA	LECTURA DIAL	LIBRAS	LECTURA DIAL	LIBRAS	LECTURA DIAL	LIBRAS	LECTURA DIAL	LIBRAS
	PENETRAC.	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LIBRAS	LBS. / PULG.2
0.025	10.00	121.0	40.3	3.50	54.9	18.3	1.00	29.4	9.8
0.050	19.00	212.6	70.9	6.00	80.3	26.8	3.00	49.8	16.6
0.075	27.00	294.0	98.0	11.00	131.2	43.7	6.00	80.3	26.8
0.100	40.00	426.2	142.1	19.00	212.6	70.9	9.00	110.9	37.0
0.150	53.00	558.2	186.1	22.00	243.2	81.1	14.00	161.8	53.9
0.200	67.00	700.3	233.4	29.00	314.3	104.8	15.50	177.0	59.0
0.300	77.00	801.7	267.2	36.00	385.5	128.5	17.00	192.3	64.1
0.400	89.00	923.3	307.8	44.00	466.8	155.6	21.00	233.0	77.7
0.500	99.00	1024.6	341.5	53.00	558.2	186.1	25.00	273.7	91.2


Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

	1.57	1.57	1.56
DENSIDAD SECA	1.57	1.57	1.56
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	14.21	7.09	3.70
C.B.R. 0.2"	15.56	6.99	3.93



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.574
HUMEDAD OPTIMA (%)	24.74
C.B.R. AL 100 %.	14.21

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	BR(Relación de Soporte de California)-+ 2% Quim Kd-40	C7
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11308	11372	11291	11414	11324	11493
Peso de Molde	7214	7214	7204	7204	7245	7245
Peso de suelo Humedo	4094	4158	4087	4210	4079	4248
Volumen del molde	2123.5	2123.5	2124.7	2124.7	2125.2	2125.2
Densidad del Suelo Humedo	1.93	1.96	1.92	1.98	1.92	2.00
Cápsula N°	43	44	39	40	33	34
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	265.44	231.87	395.40	339.2	321.86	392.12
Peso de Suelo Seco + Cápsula	222.9	191.4	329.37	274.4	270.51	310.6
Peso de Agua	42.54	40.47	66.03	64.8	51.35	81.52
Peso de Cápsula	29.3	29.2	28.7	26.9	37.4	37.3
Peso de Suelo Seco	193.6	162.2	300.67	247.5	233.11	273.3
% de Humedad	21.97	24.95	21.96	26.18	22.03	29.83
Densidad de Suelo Seco	1.581	1.567	1.577	1.570	1.573	1.540

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	día 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	día 1	01:30 p.m.	24	0.785	0.618	0.948	0.746	1.024	0.806
	día 2	01:30 p.m.	48	0.896	0.706	0.986	0.777	1.436	1.131
	día 3	01:30 p.m.	72	0.978	0.770	1.045	0.823	1.587	1.250
	día 4	01:30 p.m.	96	0.978	0.770	1.047	0.824	1.678	1.321

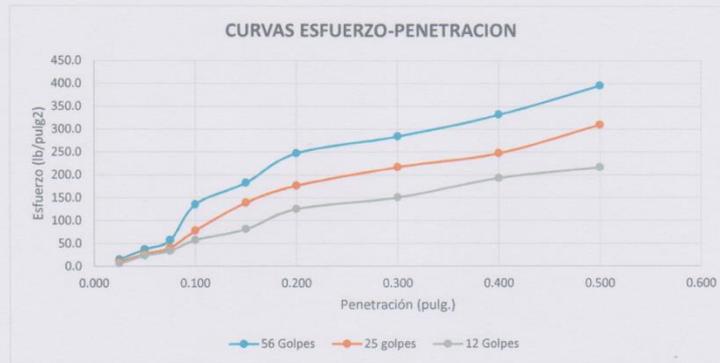
CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC...	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	2.50	44.7	14.9	1.00	29.4	9.8	0.00	19.2	6.4
	0.050	9.00	110.9	37.0	6.00	80.3	26.8	5.00	70.1	23.4
	0.075	15.00	171.9	57.3	10.00	121.0	40.3	8.00	100.7	33.6
	0.100	38.00	405.8	135.3	21.00	233.0	77.7	15.00	171.9	57.3
	0.150	52.00	548.0	182.7	39.00	416.0	138.7	22.00	243.2	81.1
	0.200	71.00	740.8	246.9	50.00	527.7	175.9	35.00	375.3	125.1
	0.300	82.00	852.4	284.1	62.00	649.5	216.5	42.50	451.6	150.5
	0.400	96.00	994.2	331.4	71.00	740.8	246.9	55.00	578.5	192.8
	0.500	115.00	1186.5	395.5	89.50	928.4	309.5	62.00	649.5	216.5



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

	1.58	1.58	1.57
DENSIDAD SECA	1.58	1.58	1.57
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	13.53	7.77	5.73
C.B.R. 0.2"	16.46	11.73	8.34



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm3)	1.581
HUMEDAD OPTIMA (%)	21.99
C.B.R. AL 100 %.	13.53



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO	CBR(Relación de Soporte de California)+ 4% CaI	C7
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(gr)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11328	11371	11251	11333	11339	11442
Peso de Molde	7204	7204	7135	7135	7245	7245
Peso de suelo Humedo	4124	4167	4116	4198	4094	4197
Volumen del molde	2124.7	2124.7	2123.8	2123.8	2125.2	2125.2
Densidad del Suelo Humedo	1.94	1.96	1.94	1.98	1.93	1.97
Cápsula N°	39	40	33	34	5	6
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	250.68	212.54	216.58	332.6	265.85	360.98
Peso de Suelo Seco + Cápsula	210.85	176.94	184.25	273.5	224.35	294.2
Peso de Agua	39.83	35.6	32.33	59.1	41.5	66.78
Peso de Cápsula	28.7	26.9	37.4	37.3	35.2	34.9
Peso de Suelo Seco	182.15	150.04	146.85	236.2	189.15	259.3
% de Humedad	21.87	23.73	22.02	25.02	21.94	25.75
Densidad de Suelo Seco	1.593	1.585	1.588	1.581	1.580	1.570

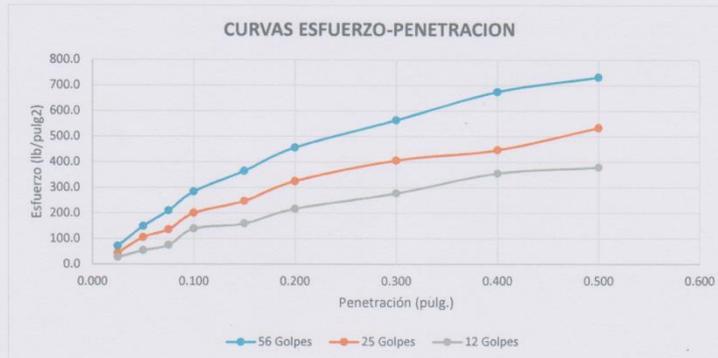
DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	dia 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dia 1	01:30 p.m.	24	0.745	0.587	0.825	0.650	0.904	0.712
	dia 2	01:30 p.m.	48	0.824	0.649	0.865	0.681	1.136	0.894
	dia 3	01:30 p.m.	72	0.835	0.657	0.894	0.704	1.354	1.066
	dia 4	01:30 p.m.	96	0.835	0.657	0.915	0.720	1.356	1.068

CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC.	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	19.00	212.6	70.9	11.00	131.2	43.7	6.00	80.3	26.8
0.050	42.00	446.5	148.8	29.00	314.3	104.8	14.00	161.8	53.9	
0.075	60.00	629.2	209.7	38.00	405.8	135.3	20.00	222.8	74.3	
0.100	82.00	852.4	284.1	57.00	598.8	199.6	39.00	416.0	138.7	
0.150	106.00	1095.4	365.1	71.00	740.8	246.9	45.00	476.9	159.0	
0.200	133.00	1368.4	456.1	94.00	973.9	324.6	62.00	649.5	216.5	
0.300	165.00	1691.4	563.8	118.00	1216.8	405.6	80.00	832.1	277.4	
0.400	198.00	2023.8	674.6	130.00	1338.1	446.0	103.00	1065.1	355.0	
0.500	215.00	2194.8	731.6	156.00	1600.6	533.5	110.00	1135.9	378.6	

Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA

	1.59	1.59	1.58
DENSIDAD SECA	1.59	1.59	1.58
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	28.41	19.96	13.87
C.B.R. 0.2"	30.41	21.64	14.43



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.593
HUMEDAD OPTIMA (%)	21.94
C.B.R. AL 100 %.	28.41


 Wesley J. Leonardo Carrasco
 Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL

TESIS :	INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS CAL HIDRATADA Y QUIM KD-40 PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS COMO CAPA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, HUAMACHUCO-CAJABAMBA 2019	
AUTORES :	EDSON WILMER TANTAQUILLA OTINIANO , FREISER ANDERZON VALDIVIA JULCA	
UBICACIÓN :	HUAMACHUCO- CAJABAMBA	
ENSAYO :	:BR(Relación de Soporte de California)-+ 4% Quim Kd-4f	C7
FECHA :		

COMPACTACIÓN						
MUESTRA N°:	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
sobrecarga(g)	4530		4530		4530	
Condición de la muestra	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado	No saturada	Saturado
Peso suelo Humedo + Molde	11337	11383	11302	11404	11328	11493
Peso de Molde	7214	7214	7204	7204	7245	7245
Peso de suelo Humedo	4123	4169	4098	4200	4083	4248
Volumen del molde	2123.5	2123.5	2124.7	2124.7	2125.2	2125.2
Densidad del Suelo Humedo	1.94	1.96	1.93	1.98	1.92	2.00
Cápsula N°	43	44	39	40	33	34
Peso de Suelo Humedo + Cápsula	231.02	223.21	304.78	254.13	275.46	212.87
Peso de Suelo Seco + Cápsula	194.64	185.65	255.00	208.4	232.52	175.45
Peso de Agua	36.38	37.56	49.78	45.73	42.94	37.42
Peso de Cápsula	29.3	29.2	28.7	26.9	37.4	37.3
Peso de Suelo Seco	165.34	156.45	226.3	181.5	195.12	138.15
% de Humedad	22.00	24.01	22.00	25.20	22.01	27.09
Densidad de Suelo Seco	1.591	1.583	1.581	1.579	1.575	1.573

DATOS DE EXPANSIÓN									
MOLDES				56		25		12	
Fecha	Día	Hora	Tiempo	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %	Lectura (mm)	Expansión %
	día 0	01:30 p.m.	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	día 1	01:30 p.m.	24	0.645	0.508	0.785	0.618	0.913	0.719
	día 2	01:30 p.m.	48	0.712	0.561	0.865	0.681	0.987	0.777
	día 3	01:30 p.m.	72	0.752	0.592	0.895	0.704	1.014	0.798
	día 4	01:30 p.m.	96	0.756	0.595	0.895	0.705	1.020	0.803

CARGA PENETRACIÓN	CARGA	COMP. 56 GOLPES			COMP. 25 GOLPES			COMP. 12 GOLPES		
	PENETRAC.	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2	LECTURA DIAL	LIBRAS	LBS. / PULG.2
	0.025	5.00	70.1	23.4	2.00	39.6	13.2	0.00	19.2	6.4
	0.050	11.00	131.2	43.7	7.00	90.5	30.2	4.00	59.9	20.0
	0.075	20.00	222.8	74.3	15.00	171.9	57.3	9.00	110.9	37.0
	0.100	44.00	466.8	155.6	29.00	314.3	104.8	18.00	202.5	67.5
	0.150	66.00	690.1	230.0	45.00	476.9	159.0	24.50	268.6	89.5
	0.200	81.00	842.2	280.7	60.00	629.2	209.7	37.00	395.7	131.9
	0.300	93.00	963.8	321.3	79.00	822.0	274.0	47.50	502.3	167.4
	0.400	102.00	1054.9	351.6	85.00	882.8	294.3	63.00	659.7	219.9
	0.500	120.00	1237.0	412.3	96.00	994.2	331.4	76.50	796.6	265.5



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
HUMEDAD NATURAL



RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA

	1.59	1.58	1.57
DENSIDAD SECA	1.59	1.58	1.57
N.º DE GOLPES	56	25	12
C.B.R. 0.1"	15.56	10.48	6.75
C.B.R. 0.2"	18.72	13.98	8.79



DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	1.591
HUMEDAD OPTIMA (%)	22.00
C.B.R. AL 100 %	15.56



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

ANEXOS

ANEXOS N° 3: CERTIFICADOS Y PORTADAS DE BIBLIOGRAFÍAS

CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que los Sres. Edson Wilmer Tantaquilla Otiniano y Freiser Anderzon Valdivia Julca, identificados con D.N.I N° 71991836 y 73650488 respectivamente, han realizado los ensayos de contenido de humedad, granulometría, límites de consistencia, proctor y CBR en las instalaciones del *Laboratorio de Mecánica de Suelos* de esta universidad, requeridos para la tesis *"Influencia de la cal hidratada y el aditivo Quim KD-40 para estabilización de suelos arcillosos como capa sub rasante en pavimentos flexibles, Huamachuco - Cajabamba 2019"*; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud de los interesados, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 20 de enero del 2020



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 162 - 2019**

Página 1 de 3

1. Expediente	190124
2. Solicitante	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
3. Dirección	Mza. G Lote 24 Urb. Dean Saavedra El Cortijo, San isidro - Trujillo - LA LIBERTAD.
4. Equipo	PRENSA MULTIENSAYO
Capacidad	10000 lbf
Marca	FORNEY
Modelo	7691F
Número de Serie	2636
Identificación	1-013541 (*)
Procedencia	U.S.A.
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
5. Indicador	ANALÓGICO
Marca	SPI
Número de Serie	P9102
División de Escala / Resolución	0,0001 pulg.
6. Fecha de Calibración	2019-04-11

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

2019-04-16

JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 162 - 2019**

Página 2 de 3

7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones de LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

8. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Mza. G Lote 24 Urb. Dean Saavedra El Cortijo, San isidro - Trujillo - LA LIBERTAD.

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,0 °C	25,6 °C
Humedad Relativa	64 % HR	65 % HR

10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE 006-18B/C

11. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 162 - 2019

Página 3 de 3

12. Resultados de Medición

El equipo presenta ANILLO DE CARGA con las siguientes características:

Capacidad : 10000 lbf

Marca : FORNEY

Modelo : ###

Nº de Serie : 380

%	Divisiones	Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				Error de Exactitud q (%)	Incertidumbre U (k=2) (%)
		F ₁ (kgf)	F ₂ (kgf)	F ₃ (kgf)	F ₄ (kgf)		
10	90	425	424,2	424,4	424,5	0,1	0,35
20	180	838	838,3	838,5	838,6	0,0	0,35
30	270	1250	1251,2	1251,5	1251,3	-0,1	0,35
40	360	1659	1658,1	1658,4	1658,5	0,0	0,35
50	450	2066	2063,3	2063,7	2064,0	0,1	0,35
60	540	2470	2471,8	2471,9	2472,0	-0,1	0,35
70	630	2872	2869,7	2870,1	2870,2	0,1	0,35
80	720	3272	3271,6	3271,7	3271,4	0,0	0,35
90	810	3670	3673,8	3673,9	3674,2	-0,1	0,35
100	900	4065	4062,5	4062,3	4062,7	0,1	0,35

Con los resultados obtenidos se realizó la siguiente ecuación de ajuste:

Y = Fuerza (kgf)

X = Valores del Dial

$$Y = -0,000142 x^2 + 4,635 x + 8,732$$

13. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del Documento



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com



PERÚ Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

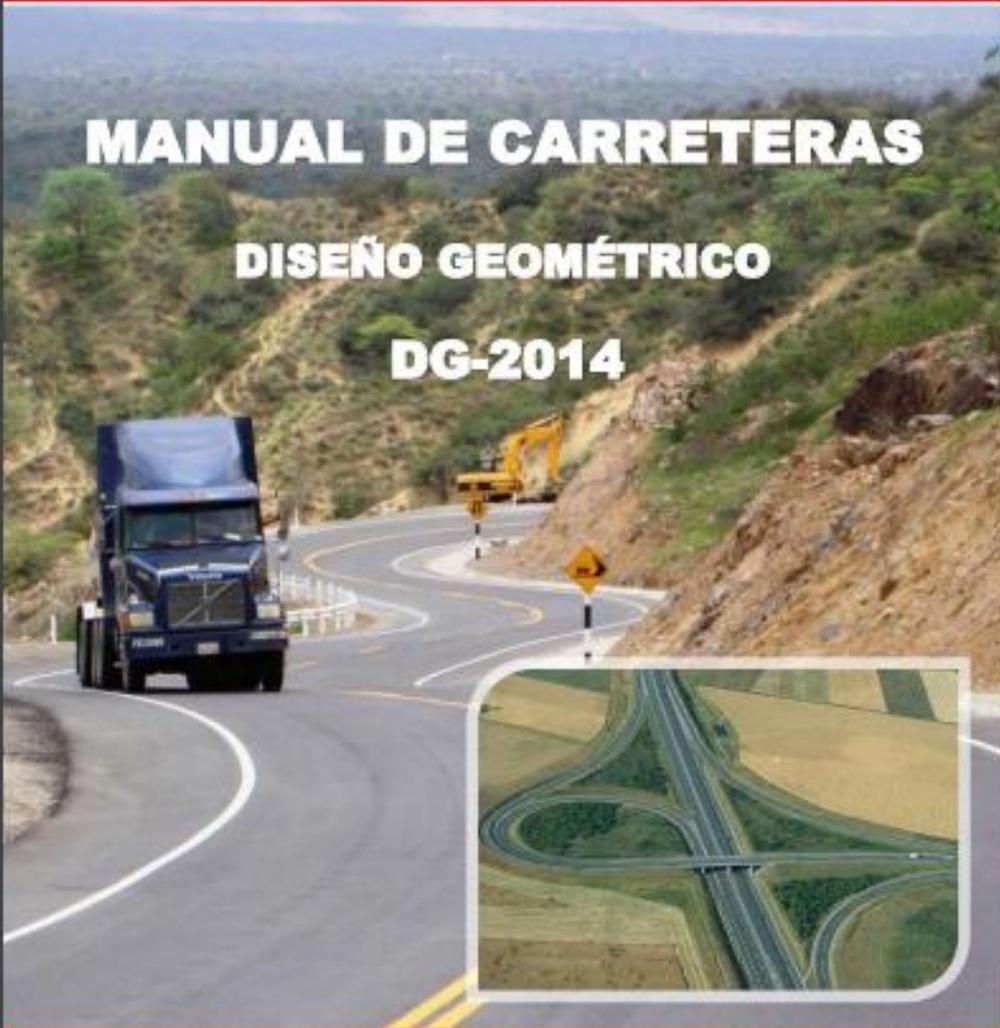
Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

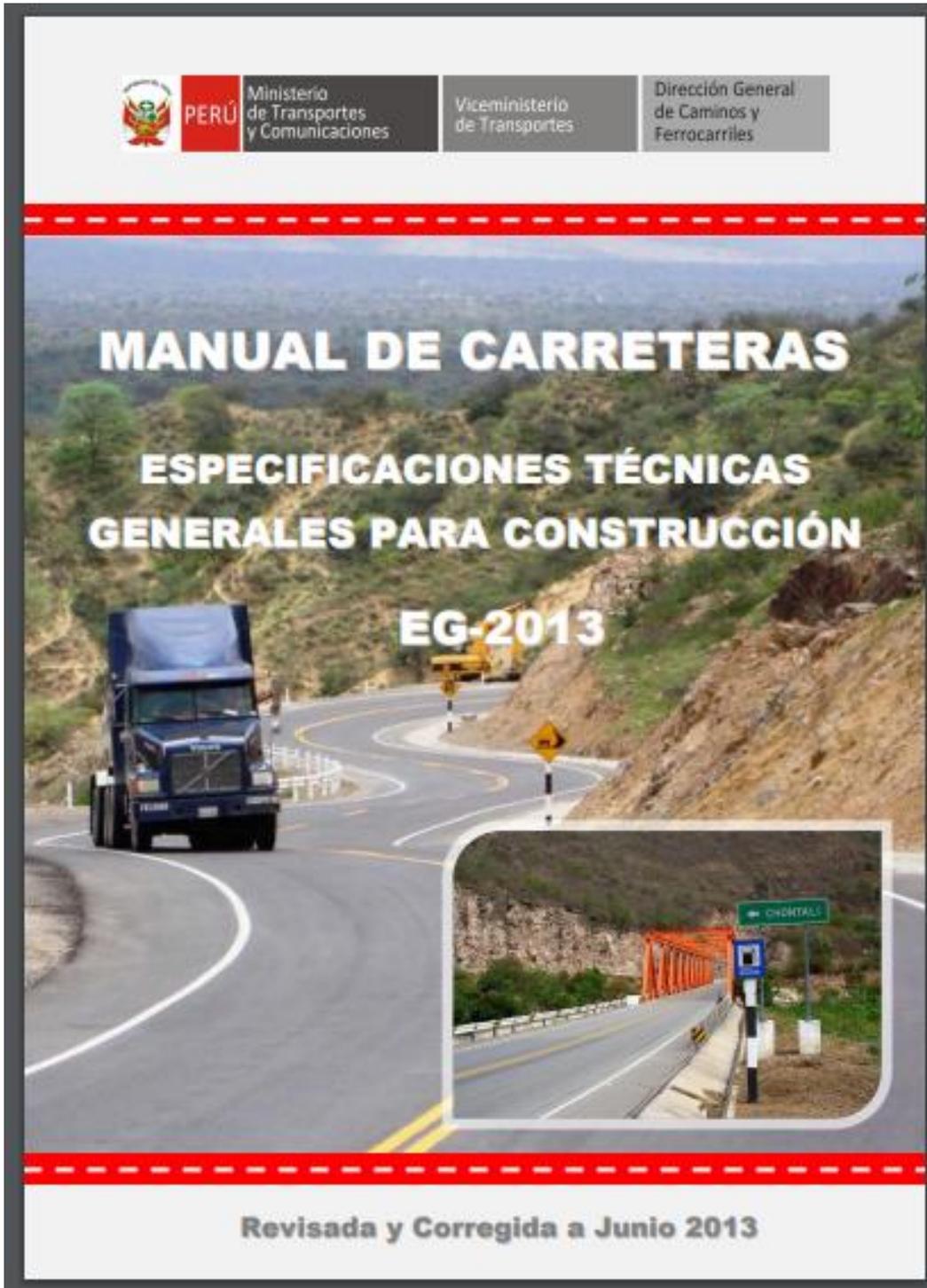
MANUAL DE CARRETERAS

DISEÑO GEOMÉTRICO

DG-2014



Revisada y Corregida a Octubre 2014





MANUAL DE CARRETERAS
SUELOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS
R.D. N° 10 - 2014 - MTC/14





MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



Edición Mayo de 2016



