



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
CIVIL**

Aplicación de la emulsión asfáltica en la estabilización de la sub rasante de la  
carretera afirmada de tercera clase, Emp. PE 18 Quilca – Cochamarca, año  
2017

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Br. Rojas Rosales, Jaime Luisin (ORCID: 0000-0002-3207-5280)

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

2018

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mi familia que me brindó su apoyo incondicional durante la etapa de mi formación Profesional.

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer a Dios por darme la existencia y su protección así mismo un agradecimiento especial al Dr. Cancho Zúñiga, Gerardo por la asesoría brindada en la realización de la presente tesis.

## **Página del Jurado**

## Declaratoria de Autenticidad

Yo, Jaime Luisin Rojas Rosales, con DNI N° 46460211, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompañado es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces

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

Los Olivos, 03 de Diciembre del 2018



---

Jaime Luisin Rojas Rosales

DNI: 46460211

## Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “APLICACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE DE LA CARRETERA AFIRMADA DE TERCERA CLASE, EMP. PE 18 QUILCA – COCHAMARCA, AÑO 2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

El Autor

## Índice

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	v
Presentación.....	vi
Índice .....	vii
Índice de Tablas.....	ix
Índice de Figuras .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad Problemática.....	2
1.2. Trabajos Previos .....	3
1.3. Teorías Relacionadas al Tema.....	6
II. MÉTODO .....	21
2.1 Diseño, tipo, nivel y enfoque de investigación .....	22
2.2 Variables, Operacionalización .....	23
2.3 Población y muestra .....	25
III. RESULTADOS .....	28
3.1 Descripción de la zona de estudio .....	29
3.1.1 Ubicación.....	29
3.1.2 Descripción de zona de estudio. ....	29
3.2 Trabajos previos .....	30
3.2.1 Trabajos de campo .....	30
3.2.2 Cuento de Tráfico .....	31
3.2.3 Ensayos de laboratorio.....	31
3.2.3.1. Ensayo de contenido de humedad .....	31
3.2.3.2. Ensayo de análisis granulométrico .....	32
3.2.3.3. Ensayo de límite líquido y plástico.....	32
3.2.3.4. Límite líquido .....	32
3.2.3.5. Límite plástico .....	33
3.2.3.6. Clasificación SUCS .....	33
3.2.3.7. Classification AASHTO .....	33

3.2.3.8.	Método de aplicación de la Emulsión Asfáltica en el suelo .....	33
3.2.3.9.	Ensayo de compactación Proctor Modificado .....	34
3.2.3.10.	Ensayo de CBR (valor soporte california).....	34
3.2.3.10.1.	Ensayo de Compactación CBR.....	34
3.2.3.10.2.	Ensayo de hinchamiento.....	34
3.2.3.10.3.	Ensayo de carga –penetración .....	35
3.2.3.11.	Contenido de humedad de la muestra.....	35
3.2.3.12.	Análisis granulométrico.....	35
3.2.3.13.	Ensayo de límites de Atterberg.....	37
3.2.3.14.	Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos).....	39
3.2.3.15.	Clasificación AASHTO .....	39
3.2.3.16.	Ensayo de Proctor modificado y CBR.....	39
3.2.3.17.	Diseño AASHTO.....	42
IV.	DISCUSIÓN .....	45
V.	CONCLUSIONES .....	48
VI.	RECOMENDACIONES .....	50
	REFERENCIAS .....	52
	ANEXOS.....	55
Anexo 1:	Matriz de consistencia .....	56
Anexo 2:	Matriz de Operacionalización de variables.....	59
Anexo 3:	Instrumentos validados .....	61
Anexo 4:	Certificados de Equipos de Laboratorio .....	64
Anexo 5:	Ensayos de Laboratorio .....	69
Anexo 6:	Certificado de Laboratorio.....	82
Anexo 7:	Certificado de Laboratorio.....	86
Anexo 8:	Certificado de Laboratorio.....	90
Anexo 9:	Planos.....	94
Anexo 10:	Registros fotográficos .....	97
Anexo 11:	Gráficos de Diseño .....	101

## Índice de Tablas

Tabla 1 Tipos de emulsión.....	08
Tabla 2 Tipos de estabilización .....	15
Tabla 3 Descripción de calicatas .....	30
Tabla 4 Formato de conteo vehicular .....	31
Tabla 5 Cuadro de resultados del ensayo de límites de Atterberg.....	37
Tabla 6 Cuadro comparativo de los ensayos de Proctor Modificado .....	39
Tabla 7 Cuadro comparativo de los ensayos de CBR.....	41
Tabla 8 Cuadro comparativo de dosificación .....	43

## Índice de Figuras

Figura 1 Estructura molecular del emulsificante .....	10
Figura 2 Proceso de mezclado de una Emulsión Asfáltica.....	11
Figura 3 Estructura molecular de las micelas en un medio acuoso .....	12
Figura 4 Estructura molecular invertida de las micelas en un medio orgánico .....	13
Figura 5 Comportamiento físico-químico del emulsificante .....	13
Figura 6 Presencia de micelas.....	14
Figura 7 Localización de proyecto .....	29
Figura 8 Resultados de ensayo granulométrico de la muestra crítica.....	36
Figura 9 Curva del análisis granulométrico de la muestra crítica .....	36
Figura 10 Comparación de los ensayos del límite líquido.....	37
Figura 11 Comparación de los resultados de límite plástico .....	38
Figura 12 Comparativo de valores obtenidos en el cálculo del índice de plasticidad .....	38
Figura 13 Comparación de los resultados de la densidad máxima seca .....	40
Figura 14 Comparación de los resultados de óptimo contenido de humedad .....	40
Figura 15 Comparación de los resultados de CBR a 0.1” .....	41
Figura 16 CBR percentil.....	42
Figura 17 CBR-Espesor de afirmado.....	43

## RESUMEN

La presente investigación, Aplicación de la Emulsión Asfáltica en la Estabilización de Suelos en la carretera EMP. PE 18 Quilca – Cochamarca, Año 2017, para la cual se analizó las condiciones del suelo en un tramo de 3 KM de la vía, dentro del distrito de Cochamarca, para lo cual se realizó trabajos de campo, así como los de laboratorio. Se procesó los datos en función a mejorar la capacidad portante de la vía para lo cual se utilizó la Emulsión Asfáltica como agente estabilizador, del mismo modo este fue incorporado al suelo en porcentajes de 2%, 4% y 6% y de esta manera obtener varias condiciones y valores del CBR, con lo cual se respondió al objetivo general de la presente investigación. Como resultado se obtuvo que existe una relación directamente proporcional, a medida que se incrementa el porcentaje de la Emulsión asfáltica como agente estabilizador en un suelo arcilloso incrementando la capacidad portante (CBR).

**Palabras claves:** suelo blando, capacidad portante y asentamientos.

## ABSTRACT

The present investigation, Application of the Asphalt Emulsion in the Stabilization of Soils on the EMP highway. PE 18 Quilca - Cochamarca, Year 2017, for which soil conditions were analyzed in a 3 KM section of the road, within the district of Cochamarca, for which field work was carried out, as well as laboratory work. The data was processed in order to improve the carrying capacity of the road, for which the Asphalt Emulsion was used as a stabilizing agent, in the same way it was incorporated to the soil in percentages of 2%, 4% and 6% and thus obtain various conditions and values of the CBR, which responded to the general objective of the present investigation. As a result, it was obtained that there is a directly proportional relationship, as the percentage of the asphaltic emulsion increases as a stabilizing agent in a clayey soil increasing the bearing capacity (CBR).

**Keywords:** soft ground, carrying capacity and settlements.

## I. INTRODUCCIÓN

## **1.1. Realidad Problemática**

En el Mundo y según las últimas investigaciones en la Ingeniería Civil, se han buscado nuevas alternativas para mejorar las carreteras de bajo volumen de tránsito con el único objetivo de optimizar la comunicación de los pueblos. Por lo que fue necesario experimentar nuevas alternativas de estabilización en carreteras no pavimentadas.

El desarrollo de la vialidad y del transporte es una importante necesidad nacional para romper el aislamiento de los pueblos, que tanto en costa, sierra y selva tienen dificultades para superar los obstáculos naturales y para mejorar su accesibilidad entre ellos, Su integración es una necesidad y una meta nacional desde el punto de vista social y económico. Del mismo modo es de consideración resaltar que las vías vecinales en nuestro País según el registro del SINAC hasta Julio del 2018 ha resaltado que las vías vecinales que conectan todos los centros poblados representan un 84.05% de las carreteras del Perú, razón por la cual es necesario prestarle mayor atención a este tipo de vías.

Actualmente el camino Vecinal que conecta al centro Poblado de Cochamarca no se encuentra pavimentada y presenta deterioros y fallas tales como erosión, ahuellamientos y baches, a esto se suma la carga vehicular la cual ha perjudicado la capacidad portante de la subrasante.

La idea principal de esta Tesis es estudiar nuevas alternativas de mejorar el suelo mediante el uso de la emulsión asfáltica, para lo cual se ha tenido que emplear la emulsión asfáltica de forma progresiva siendo estos de 2%, 4% y 6% en relación al peso seco de la muestra crítica elegida, de manera que, si logramos mejorar el CBR del terreno de fundación, se estaría garantizando una subrasante con mayor capacidad Portante.

## **1.2. Trabajos Previos**

### **1.2.1. Antecedentes Nacionales**

(VILLA, 2007), elaboro su tesis denominada “reciclado en frío de pavimentos empleando emulsiones asfálticas – aplicación: Colegio FAP Manuel Polo Jiménez, Urb. San Gabino –Santiago de Surco”, en tanto su Tema principal es facilitar información y promover nuevas formas de rehabilitación de las vías, este reciclado de pavimentos en frío con emulsiones asfálticas catiónicas ha demostrado que es una técnica viable económicamente, ha generado mejoras en la resistencia de la rasante al deslizamiento de las ruedas otorgando la seguridad vehicular y demostrando que está apto a soportar el tráfico generado.

Se consiguió estos resultados utilizando las emulsiones asfálticas, la idea principal fue de encontrar nuevas maneras de rehabilitación de las vías, siendo este una Técnica constructiva, finalmente se concluye que esta técnica puede ser aplicada en dos diversas maneras; el primero es en la rehabilitación de pavimentos y la de construir nuevos pavimentos de bajo tránsito ya que su costo será menor y de esta manera generará desarrollo a las franjas marginales.

(MOROCHO y VILLALTA, 2013). Elaboro su Investigación que denomino con el título “Diseño y evaluación de un afirmado estabilizado con emulsión asfáltica, aplicación: carretera Cañete - Chupaca” donde se enfocó en generar una nueva idea de estabilización del suelo con emulsión asfáltica y de este modo citar de forma específica cuales serían las mejoras de las características de la subrasante.

Los investigadores demostraron que la estabilización de suelos estuvo orientada a identificar una solución técnica y económica en carreteras para un tiempo de corto diseño, esto con el uso de la emulsión asfáltica en frío, esta técnica no requiere de un uso sofisticado de maquinarias, por lo que sería muy apropiada para zonas remotas y con reducidos recursos económicos. Al tratar con suelos no cohesivos la emulsión brindara cohesión entre las partículas incrementando su resistencia, en el caso de los suelos finos cohesivos el objetivo es que la emulsión los estabilice ante la presencia de agua generando mayor resistencia.

(UGAZ, 2006). En su investigación denominada: “Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante” donde el objetivo era el de experimentar el comportamiento de los distintos estabilizadores químicos en distintas muestras de suelo para el posterior uso en las carreteras del Perú, adicionalmente conocer los cambios que se generaran en las propiedades del suelo tales como la capacidad de soporte, durabilidad, compresibilidad, permeabilidad y estabilidad volumétrica, los mismos que estarán experimentados para variados escenarios climatológicos, las cinco características principales mencionadas son referentes principales del suelo al momento de realizar una estabilización.

Reafirmo que la estabilización de suelos en carreteras de tercera clase con variados estabilizadores ya ha sido tomada en cuenta en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para su uso en los procesos de construcción, mantenimiento y rehabilitación. A la fecha se viene utilizando los estabilizadores de suelo importados por lo general; no obstante, no existe una supervisión específica al momento de utilizar y aplicarlos en los suelos peruanos. La estabilización de suelos, presenta mayor utilización en otros países, en nuestro país su uso tiene poco tiempo aplicándolo, en tanto su manipulación es más empírica, lo que conduce a tener un estabilizador comercial a diferencia de utilizar un estabilizador recomendado por una Laboratorio de acuerdo al tipo de suelo y según el Diseño.

### **1.2.2. Antecedentes Internacionales**

(CARRILLO Y MELÉNDEZ, 2010). En su Investigación de Posgrado denominada: “Diseño de mezcla suelo-agregado-emulsión como alternativa para mejoramiento de caminos de bajo volumen de tránsito” enfocó su tema Principal en demostrar nuevas prácticas y métodos que serán fuente y sustento al momento de poner en practica la construcción de carreteras con bajo Índice de tráfico Vehicular empleando la emulsión asfáltica que se utilizara en La Paz – Bolivia.

Finalizo que el presente método empleado en vías identificadas como caminos de bajo volumen de transito contribuye al desarrollo sostenible de las comunidades, así mismo colabora al cuidado del medio Ambiente debido que el fraguado llega a evaporarse eliminando pocas cantidades de hidrocarburos a la atmosfera, como también se incentiva

a la participación de las comunidades. Asimismo, es una alternativa económica debido que su empleo genera mínimos contenidos de emulsión.

(Almeida y Sanchez, 2011). Refiere en su Investigación: “estabilización de suelos con el uso de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta en la vía las Mercedes – Puerto Nuevo, Provincia de Santo Domingo de los Tsachilas - Ecuador”, que el objetivo Central es la de analizar las características que presentara la subrasante de la carretera las mercedes – Puerto Nuevo al incorporar emulsión asfáltica de rotura lenta como elemento estabilizante, así mismo conocer si al realizar esta práctica se cumple con las normativas establecidas para el uso adecuado de la emulsión asfáltica.

Finalizo que, en el caso de querer estabilizar los suelos finos en la subrasante de la vía en estudio, no debe de aplicarse debido que esta alternativa no es factible económicamente y representaría un gasto mayor al compararlo con otras soluciones Técnicas que se podrían utilizar.

(Rosero, 2013). Menciona en su investigación denominada: “Bases estabilizadas con emulsión asfáltica para pavimentos (aplicación calle nogales Parroquia Nayon L= 1.0 km)”, donde principalmente se centró en calcular e identificar los efectos cuantitativos y cualitativos al utilizar las emulsiones asfálticas para la estabilización de materiales granulares para la capa base del pavimento así como conocer que parámetros físicos y mecánicos del suelo estabilizado varían al momento de utilizar la emulsión en la Obra con referencia a los ensayos realizados en los laboratorios que se efectúan en las muestras obtenidas de la calicatas.

Su investigación tuvo como conclusión que, debido a tratarse de una zona urbana y con índices de crecimiento, en tanto las calles los Nogales presentara cada año un índice de tráfico en aumento, por lo que es necesario utilizar esta alternativa técnica para mejorar la vía. Se deja en claro que las prácticas y finalmente los beneficios al estabilizar con emulsión asfáltica, es factible económicamente, siendo las cuantías para este diseño un 6.9 % de emulsión asfáltica y el 6% de agua.

### **1.3. Teorías Relacionadas al Tema**

#### **1.3.1. Definición de Emulsión Asfáltica**

Una Emulsión asfáltica viene a estar compuesta por una combinación homogénea y estable de dos líquidos que usualmente no podrían combinarse, (presenta la propiedad de ser inmiscibles entre ellos), un ejemplo sería el agua y el aceite. Para este caso una emulsión asfáltica está compuesta por asfalto y agua, siendo estos dos elementos líquidos no miscibles (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Soengas (2003. p. 124) “Una emulsión asfáltica estable la componen tres elementos principales tales como; el agua, asfalto y el agente emulsificante, claro es preciso señalar que también se incorporan aditivos que mejoran la prestancia de la emulsión asfáltica, siendo estos controladores de rotura, estabilizadores o mejoradores de adherencia”.

Gonzalez (2006. p. 98) “la emulsión asfáltica tiene como principal elemento a el cemento asfáltico que, en algunos casos viene a ser entre un 50 y 75% de la emulsión. Así mismo al enfocarnos en la dureza que nos brinda la base de cemento asfáltico la que varía, debido que el componente del asfalto presentara una penetración que varía entre 60 a 250 psi. Estas variaciones se presentarán en función al diseño y capacidad que se requiera en los distintos tipos de trabajos, es preciso señalar que el agente emulsificante tiene intervención en cada diseño ya que el único objetivo es tener una emulsión estable, y con la prestancia requerida”

Castaño (2010, p. 45), Refiere que no tenemos que restarle importancia a uno de los componentes de la emulsión asfáltica, siendo esta el agua, ya que su contribución a la mezcla es de suma importancia. Así mismo si este elemento contuviera la presentaría de elementos minerales, que alterarían el PH del mismo, afectaría de seria manera la estabilidad de la emulsione asfálticas. Del mismo modo se ha tenido ya la experiencia que el agua encontrada en la naturaleza utilizada en Obra esto en zonas donde existe la presencia abundante de minerales es inadecuada debido a tener impurezas. En este tipo de aguas se ha encontrado iones de magnesio y calcio. Se concluye que este tipo de aguas no deben de utilizarse en la elaboración de emulsiones, debido a que el uso de estas aguas impuras generaría una inestabilidad de los otros elementos de la emulsión, lo que generaría efectos irregulares en su desempeño ocasionando una pronta rotura.

### 1.3.2. Propiedades Físicas De La Emulsión Asfáltica

Rodríguez (2001), afirma que “Las emulsiones asfálticas tienen propiedades que se deben a los agentes emulsivos químicos empleados. Siendo este agente tensoactivo o surfactante. Este agente emulsivo tiene la propiedad de conservar las gotitas del asfalto en suspensión estable, así como la de controlar el tiempo de rotura de esta. Es por ese motivo que es un elemento determinante que clasificara las emulsiones como catiónicas, aniónicas, o no iónicas” (p. 89).

Son tres las categorías en la que se clasifica una emulsión asfáltica:

Aniónicas (las partículas de asfalto están cargadas negativamente)
Catiónicas (las partículas de asfalto están cargadas positivamente)
No iónicas (las partículas de asfalto son neutras)

En la construcción y mejoramiento de carreteras son de mayor utilidad las emulsiones Aniónicas y Catiónicas. Hasta la fecha no se tiene mayor aplicación de las emulsiones no iónicas, debido a que se sigue trabajando en los laboratorios esta emulsión y finalmente se pueda garantizar con mayor precisión su utilización (Guevara, 2008. p. 67)

#### 1.3.2.1 Emulsión Aniónica

Jamet (2002, p. 32) Afirma que las emulsiones denominadas como aniónicas, tienen la particularidad de que los elementos que componen el asfalto se cargan negativamente y de esta manera presentan correspondencia con los próximos elementos de carga positiva. Estas emulsionantes que realizan esta unión característica se denominan oléalos, resíalos de sosa o de potasa. Es preciso señalar que para esta emulsión se utiliza suficiente estearato sódico el cual viene a ser un anión soluble en betún, donde cada partícula de este betún esta rodeada de una película de iones de estearato los que están cargados negativamente, por lo que las partículas tienden a repelerse evitando la coagulación de estas.

Finalmente se afirma que la proporción del emulsificante está en función de la estabilidad que se busque en la emulsión, considerando que se tienen como parámetro máximo de 2% del peso de emulsión asfáltica.

### 1.3.2 Emulsión Catiónica

García (1999, p. 43) afirma que las emulsiones asfálticas clasificadas como catiónicas, presentan partículas cargadas positivamente y de esta forma estas tienden a rodearse de partículas de carga negativa, un gran ejemplo es cuando el catión denominado radical cetil trimetil amonio es cargado de forma positiva rodeando a las partículas de betún para tener afinidad con las partículas cargadas negativamente como son los áridos (agregados finos y gruesos).

En base a este proceso se deja a la emulsión que siga su proceso de rotura por la evaporación del agua.

Es preciso determinar que los porcentajes del emulsificante a utilizar deben de estar en función a la estabilidad que se desee conseguir según el diseño Técnico, esta podría ir entre el 2% y 3% del peso de la emulsión.

### 1.3.3. Clasificación de la emulsión asfáltica

Netamente la clasificación de una emulsión se basa en la velocidad con la que las gotas de asfalto se junten. Del mismo modo esta propiedad determina la rapidez con la que la emulsión cambie su estabilidad al mezclarse con los agregados.

**Tabla 1** Tipos de Emulsión

RS (rapid-setting o rotura rápida)
MS (medium-setting o rotura media)
SS (slow-setting o rotura lenta)
QS (quick-setting o rotura controlada QS)

Fuente (Montalvo, 2015).

#### 1.3.3.1 Emulsión RS (rotura rápida)

Refiere Martínez (2001), que la emulsión tiene la propiedad de que al entrar en contacto con los agregados forman una capa relativamente gruesa. Siendo la incorporación de la emulsión con equipos y maquinarias acondicionadas por método de aspersion, este tipo de trabajos con una buena práctica y dirección técnica viene haciéndose un campo en la Ingeniería de tránsito, logrando un buen desempeño en diferentes zonas geográficas y climas.

### **1.3.3.2 Emulsión MS (rotura media)**

Refiere Lopera (2011), que este tipo de emulsiones tiene la propiedad intrínseca de mezclarse con los agregados y de proporcionar un determinado tiempo donde las partículas no rompen al instante. De esta manera en el proceso de construcción brindan trabajabilidad algunos minutos más con respecto a lo normal en tiempo, esta propiedad se atribuye a los grados de CRM que presentan y a las elevadas viscosidades que controlan los escurrimientos.

### **1.3.3.3 Emulsión SS (rotura lenta)**

Refiere Calderón (2011), este tipo de emulsión garantiza una estabilidad de alto nivel, esto debido que en este caso se mezclan agregados muy finos. Por lo que se requieren periodos mayores a lo usual ya que se busca tener mayor trabajabilidad con el material y de esta manera lograr un trabajo adecuado. Los grados de viscosidad en este caso son menores. Así mismo este tipo de emulsiones están relacionadas al clima y temperatura debido que estas estarán en función a la evaporación para lograr juntar las partículas de los agregados con la del asfalto. No obstante, en algunos casos se recomienda agregar cemento o cal al material pétreo para lograr la ruptura de la emulsión.

### **1.3.3.4 Emulsión QS (rotura controlada)**

Afirma Santos (2012), que las emulsiones de rotura lenta, están diseñadas para un trabajo específico siendo este es conseguir un corto periodo de curado. Los trabajos para lograr el objetivo son realizados con un equipo mecanizado, capaz de contener la emulsión CQS-1hP, y demás componentes tales como filler, agua, agregados, agua, y aditivos.

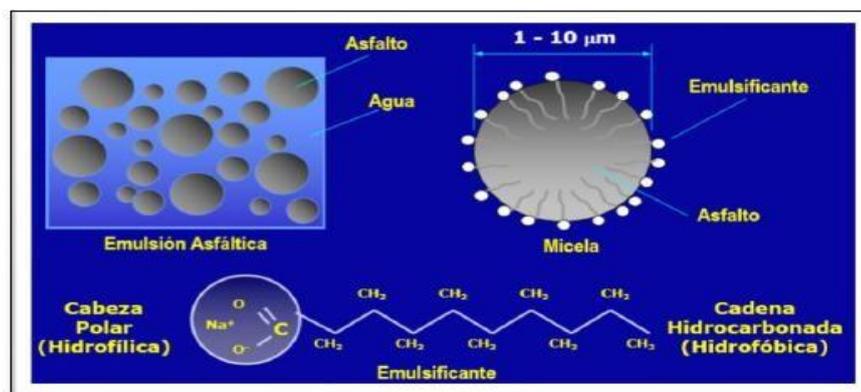
Los resultados son instantáneos, reduciendo el periodo interrupción del tráfico para desarrollar trabajos en la vía, diferenciándose y aportando mejoras con respecto a las emulsiones convencionales.

Este tipo de emulsiones incrementan la durabilidad y gradúa los índices de Temperatura de la estructura del pavimento, repercutiendo en la elasticidad y rigidez esto en relación con los índices de temperatura como se indican.

### 1.3.4. Formas y campos donde se utiliza la Emulsión Asfáltica

#### 1.3.4.1 Utilización de la Emulsión Asfáltica

Refiere Rodríguez (2001), que este componente denominado como emulsión asfáltica tiene la composición de dos líquidos técnicamente denominados inmiscibles, siendo el agua el componente que alberga y dispersa las partículas del asfalto. Un complemento necesario para un buen desempeño de la emulsión viene a ser el aditivo denominado emulsificantes que consigue equilibrar la mezcla, este presenta una estructura química que inicia con una cabeza polar, donde existe la presencia de un átomo de sodio cargada positivamente y por el otro extremo culmina con una cadena hidrofóbica (Figura 1). La presencia del sodio le brinda característica de saponificación, propiedad que tiene como único objetivo iniciar la disolución y dar inicio todo el proceso de unión entre las gotas de asfalto y el agua (medio continuo).



**Figura 1:** Estructura molecular del emulsificante

Fuente (Thenoux, 2014).

Refiere Capitaio (2012), apuesta por las mezclas asfálticas tibias donde se hacen uso este tipo de emulsiones asfálticas y que está reemplazando el uso convencional del ligante asfáltico que en la actualidad de mezclan en las plantas a temperaturas elevadas. Los dos tipos de empleos vienen a ser:

- Empleo de Emulsiones Asfálticas Tradicionales con Aditivos Químicos.
- Empleo de Emulsión Asfáltica con Polímeros Polifuncionales (EPP).

### 1.3.4.2 Empleo de Emulsiones Asfálticas Tradicionales con Aditivos Químicos

Refiere Tarefder (2014). Evotherm ET, producto que se distribuye como aditivo químico, se combina con una emulsión asfáltica de elevado residuo asfáltico (70% aprox.) al tiempo que sucede el proceso de mezclado en las plantas asfálticas. Es un agente emulsificante el cual provee mejoras en el proceso de mezcla, recubrimiento de agregados, manejo, compactabilidad y adherencia del material.

Refiere Hurley (2006), En primer lugar, cuando se produce este tipo de mezclas, se incorporan los agregados a 130°C con la emulsión asfáltica; asimismo, se agrega el aditivo químico con temperatura de 80°C, sujeto a variación del fabricante, como muestra la Figura 2. En segundo lugar, se produce el fenómeno de espumado originado por la combinación del agua de la emulsión y el agregado caliente. El cual cubre en totalidad los áridos. Esta mezcla tiene temperatura de 100°C a 110°C y puede compactarse aún si la temperatura disminuye a 80°C. En comparación con una Mezcla Asfáltica en Caliente esta mezcla reduce la temperatura de mezclado y compactación en un margen de 50°C a 60°C.

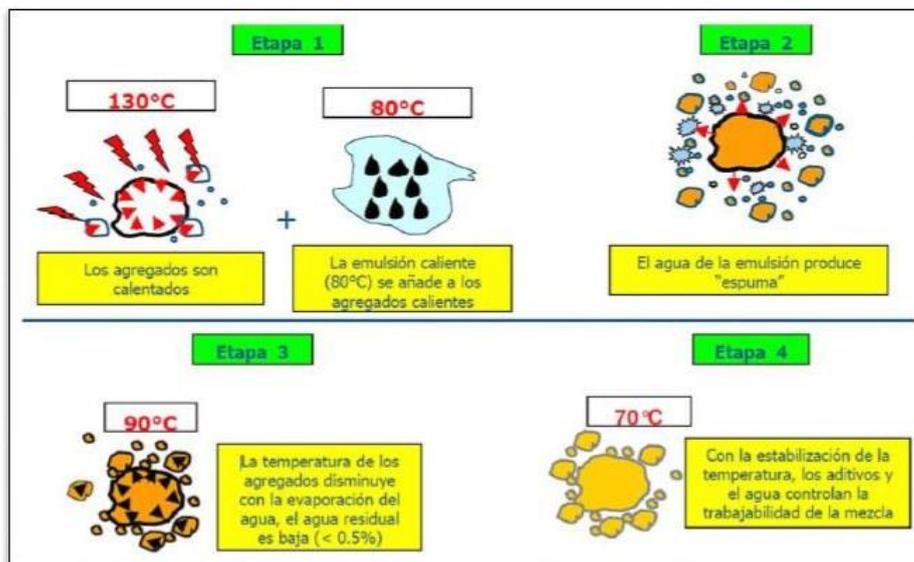


Figura 2: Proceso de mezclado de una Emulsión Asfáltica con aditivos químicos

Fuente (Shell, 2008)

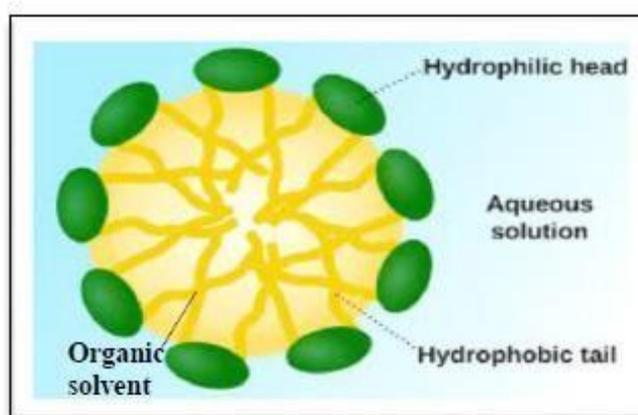
Refiere Hanz (2012), Las micelas invertidas, producto de aditivo químico como resultado de proceso de mezcla, tienen la capacidad de reducir la fricción de los agregados y es posible su compactación a baja temperatura en comparación de las mezclas MAC.

### 1.3.4.3 Empleo de Emulsiones Asfálticas con Polímeros Polifuncionales

Refiere Rodriguez (2001), Las Emulsiones Asfálticas con polímeros polifuncionales presentan la característica de no sedimentarse o separarse en fases durante largo proceso de traslado y es posible su cambio a otros reservorios repetidas veces. La fase acuosa de la emulsión no se evapora con temperaturas mayores a 100°C debido a que los fabricantes elaboran agentes emulsificantes y aditivos que poseen esta característica

Esta nueva particularidad de las emulsiones que se presentan y utilizan en esta investigación se explicara mediante la revisión de la literatura referente a las emulsiones asfálticas.

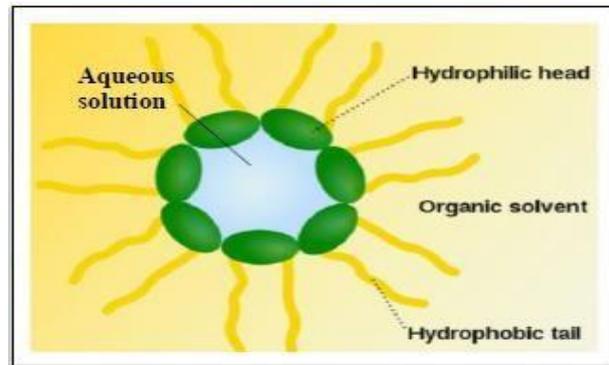
Refiriendo a lo expuesto previamente, las emulsiones asfálticas se definen como la composición de agua, asfalto y aditivos. Los aditivos químicos ayudan a estabilizar el sistema de 2 fases. Estos aditivos poseen en su composición una cadena hidrocarbonada que presenta un extremo hidrofóbico y otro extremo hidrofílico. El medio acuoso en su totalidad es propicio para que las moléculas del emulsificante actúen, así el extremo hidrofóbico del emulsificante reduce la superficie de contacto con el agua produciendo a las micelas como se refleja en la Figura 3.



**Figura 3:** Estructura molecular de las micelas en un medio acuoso.

Fuente (Thenoux, 2014).

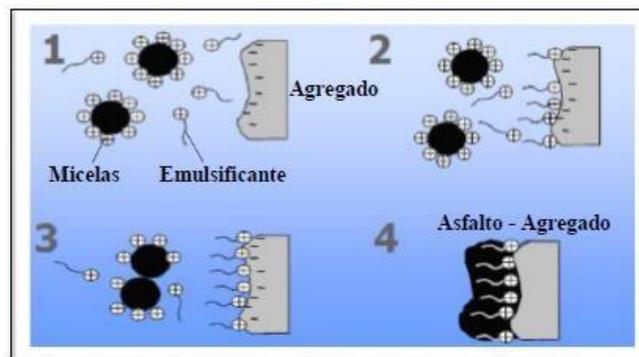
Este evento suele suceder a la inversa, el medio acuoso va disminuyendo las micelas invierten su forma como se presenta en la Figura 4. Durante esta etapa los extremos hidrofóbicos tienden a relacionarse con los agregados orgánicos, por otro lado, los extremos hidrofílicos se orientan hacia el centro de las micelas debido a la repulsión. Las moléculas de agua del medio acuoso residual son almacenadas al centro de las micelas debido a esta repulsión. Los extremos hidrofílicos entran en contacto con las moléculas de agua debido a que fueron invertidas previamente invertidas.



**Figura 4:** Estructura molecular invertida de las micelas en un medio orgánico.

Fuente (Thenoux, 2014).

Las reacciones físico-químicas del material granular y las emulsiones asfálticas de uso común, principalmente en su producción, facilitan que se adhiera a el ligante asfáltico como se refleja en la Figura 1.5.



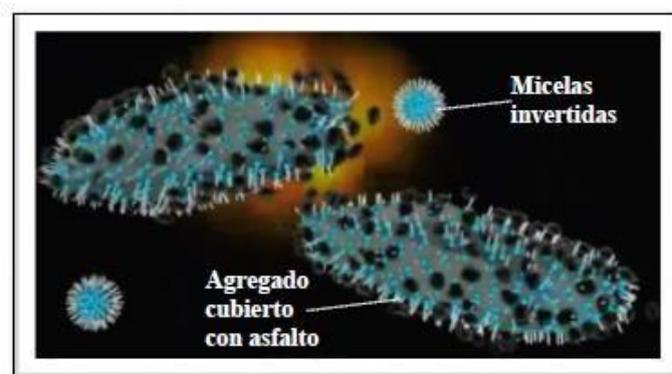
**Figura 5:** Comportamiento físico-químico del emulsificante (convencional durante el proceso de mezclado)

Fuente (Thenoux, 2014).

El material granular tiende a atraer a los agentes emulsificantes y agregados debido a que estos 2 poseen cargas inversas, relacionándose así con los extremos hidrofílicos. Durante este proceso, el ligante asfáltico se libera debido a la variación de la forma de las micelas, quienes van perdiendo su forma. Este ligante asfáltico al entrar en contacto a los agregados logra acoplarse a ellos y atrae a los extremos hidrofóbicos causando un completo cubrimiento a el agregado.

La emulsión asfáltica y el emulsificante tienden a perder en su totalidad su medio acuoso y dificulta su proceso de compactación debido a que en el proceso de fabricación de mezclas y emulsiones asfálticas tradicionales la temperatura es mayor a los 100°C. Sin embargo, las Emulsiones Asfálticas Súper-Estabilizadas poseen la propiedad de conservar una parte de agua residual y emulsificante evitando la evaporación del medio acuoso durante el proceso de mezcla produciéndose micelas invertidas capaces de compactar la mezcla.

La Figura 1.6, continuación, se muestra la reacción de las micelas en el proceso de mezclado con un Emulsiones Asfálticas Súper-Estabilizada a una temperatura mayor a 100°C.



**Figura 6:** Presencia de micelas invertidas durante el proceso de mezclado con Emulsiones Asfálticas Súper-Estabilizadas

Fuente (Westrock Inc., 2015).

### 1.3.5. Estabilización de suelos.

Estabilizar un suelo es la mejora de condiciones mecánicas y física de los suelos naturales por medio de tratamientos químicos o físicos, con la finalidad de obtener un mejor uso en el ámbito de la construcción. De este modo, debe conservar un comportamiento adecuado frente a las condiciones adversas al tráfico y clima en un período para el cual fue diseñado.

A continuación, se muestran todos los métodos de estabilización que se utilizan actualmente:

**Tabla 2** Tipos de Estabilización

Estabilización por compactación
Estabilización mecánica empleando suelos granulares:
Estabilización mediante la unión de los granos del suelo con un material cementante (cemento, asfalto, cal)
Estabilización mediante tratamientos químicos
Estabilización electrosmótica

Fuente (Montejo, 1997, p.75)

#### 1.3.5.1 Estabilización por compactación

El método por compactación es uno de los más antiguos que aún es usado para la estabilización; un principio básico de mecánica de suelos establece que la estabilización por compactación busca incrementar la densidad del suelo conservando una cantidad determinada de humedad con el fin de disminuir el porcentaje de vacíos; asimismo, trata de reducir de agua por infiltración e incrementar la fricción interna. Estos cambios originan el incremento de las propiedades de resistencia. (Salazar, 1998)

#### 1.3.5.2 Estabilización mecánica empleando suelos granulares

Refiere Nogueira (1981), "Mezcla de Suelos" desarrollado por los primeros exponentes de la mecánica de suelos como Terzaghi, Casagrande y Gotentogler, quienes aprovecharon la técnica de estabilización que surgió en los años 20 (p. 85).

#### **1.4. Formulación del problema**

Refiere Dieterich (2013), el planteamiento del problema es el establecimiento de forma precisa (sin ambigüedades) del fenómeno (objeto) de investigación, a través de preguntas, encuestas y entrevistas (p. 93).

##### **1.4.1. Problema General:**

¿Cómo influye la aplicación de la emulsión asfáltica, en las características de la Subrasante de la carretera afirmada de tercera clase, EMP PE18-Quilca – Cochamarca?

##### **1.4.2. Problema Específico:**

Problema Específico 01:

¿De qué manera influirá la aplicación de la emulsión asfáltica, en el CBR de la subrasante?

Problema Específico 02:

¿Qué incidencia tiene la aplicación de la emulsión asfáltica en el diseño del espesor de la vía?

Problema Específico 03:

¿Cómo influirá la aplicación de la emulsión asfáltica en la transitabilidad vehicular (IMDA)?

#### **1.5. Justificación del problema**

Esta tesis elige y adopta alternativas eficientes, seguras y novedosas. Que garanticen un grado igual o mayor de servicio a la población que utiliza la vía para su recorrido y traslado de un punto a otro, en tal sentido incorpora la emulsión asfáltica como alternativa para estabilizar la subrasante de la carretera EMP. PE 18 - Quilca – Cochamarca, en la Provincia de Oyon.

Es por ello que su elaboración se direcciona a resolver los problemas de transitabilidad en carreteras de tercera clase empleando la estabilización de suelos, de esta forma estaremos enfocándonos en darle una solución al servicio de comunicación y un adecuado servicio de transitabilidad a la vía y franja de población afectada que compete a esta vía. De esta forma empleando esta alternativa de estabilización mediante el uso de la emulsión asfáltica en carreteras identificadas de tercera clase, se asegura obtener carreteras con las mejoras de sus propiedades tales como mejor fricción de del par de neumáticos de los vehículos, y adicionando el compromiso de preservar el medio ambiente con el uso de alternativas menos contaminantes, de esta manera se estará promoviendo su uso en otras regiones del País.

De lograrse la masificación de su uso el fin práctico sería de perfeccionar un diseño por cada región donde se aplique este método de estabilización. Asimismo, la investigación que acá se presenta tiene como justificación proponer una alternativa clara para los estudiantes que necesiten respaldarse en este tema y sea usada como fuente de consulta; aparte de ello, contribuye en el ámbito de la aplicación de nuevas tecnologías como la emulsión asfáltica, el cual es una vía opcional para estabilización de suelos en el ámbito de la construcción de vías de tercera clase.

### **1.5.1. Justificación convivencia**

Este proyecto de tesis consiste en hallar cuales son las mejoras al hacer uso de emulsión asfáltica en la estabilización de suelos de la carretera empalme PE 18 Quilca – Cochamarca, año 2017, en la Provincia de Oyon, debido a ello, se emplean principalmente problemas reales durante el uso de nuevas tecnologías en la estabilización de suelos para carreteras de bajo tránsito; de esta manera, lograr obtener mayores beneficios en la construcción de comunicación y servicio vial a los pueblos alejados del territorio peruano.

Ahora bien, esta investigación trata de ser lo más conciso y proponer una clara comprensión para los estudiantes que efectúen investigaciones afines a este tema y sea usada como fuente de consulta y así asistir con nuevas tecnologías como la utilización de emulsión asfáltica como opción para estabilizar la subrasante en la construcción de vías de tercera clase.

### **1.5.2. Justificación relevancia social**

El producto de la presente investigación es relevante para el sector Transportes, para de esta forma promover el uso de nuevas tecnologías de Construcción de vías, viéndose reflejado a disminuir los costos de ejecución de obra y así como de disminuir el Impacto Ambiental esto debido que actualmente se está viendo nuevas formas de reducir impactos ecosistema al momento de construir este tipo de vías; para conexión de pueblos y en consecuencia generar el desarrollo de la Población.

Asimismo, esta investigación será un antecedente para educandos que realicen investigaciones relacionadas puesto que este proyecto está elaborado para que su comprensión sea de metodológica para otros investigadores, que se encuentren investigando nuevas formas de construcción de vías de Tercer Orden.

### **1.5.3. Justificación implicancia practica**

Buscar nuevas alternativas de construcción en carreteras de tercer orden viene a ser una necesidad para la Población que actualmente transita y hace uso de ellas, de esta manera se estará empoderando a las familias y consigo colaborando con el desarrollo económico de estos pueblos. Hasta la fecha se han visto normas emitidas por el Sector Transporte, una de estas viene a ser la Resolución Directoral N°024-2014-MTC/14 que menciona y cita algunas alternativas de construcción en las referidas vías, sin embargo, a la actualidad se han visto solo casos tradicionales en la construcción de carreteras.

### **1.5.4. Justificación valor Teórico**

Este estudio proporcionara data a los estudiantes de la rama de Pavimentos, y profesionales que se encuentren investigando el uso de nuevos métodos y uso de tecnologías para implementarlos en vías de tercer orden. Siendo la emulsión asfáltica un aditivo que se emplea en la búsqueda de nuevas formas de construir las referidas vías. De esta manera aportar desarrollo a la población que se beneficiara de estas carreteras de tercera clase.

### **1.5.5. Justificación viabilidad**

Esta investigación tiene como justificación comprender y desarrollar los pasos y técnicas a utilizar en la construcción de vías de tercer orden considerando el uso de la emulsión asfáltica en tanto que, se demostrara que esta alternativa aportara mejores beneficios con respecto a las construcciones tradicionales que actualmente vienen desarrollándose. Con el uso de esta nueva alternativa se estará dando un fuerte apoyo a la economía, dado que este es el índice que se mide en el Sector Económico para categorizar a la Población, así mismo este índice al verse mejorado incrementara mayor desarrollo y aporte a la población cercana. No obstante, el uso a nivel macro de esta alternativa por parte de las grandes empresas constructoras expandirá y reafirmará mi justificación. El aporte de mi presente investigación se enfoca en las técnicas de uso de la emulsión para la construcción de las carreteras de tercer orden y aportar al desarrollo sostenible de las nuevas construcciones nos trae.

### **1.6. Hipótesis**

Refiere Soriano (2012), que este viene a ser una teoría que expresa una probable relación entre por lo menos dos variables, siendo su objetivo responder un problema en la investigación.

Refiere Hernández (1997), que la hipótesis muestra una alternativa de solución previa, y que posteriormente esta se someterá a pruebas para definir la veracidad del argumento tentativo dicho de este modo en la investigación.

#### **1.6.1. Hipótesis General:**

La aplicación de la emulsión asfáltica, mejora las características de la Sub rasante de la carretera afirmada de tercera clase, EMP. PE18-Quilca – Cochamarca.

#### **1.6.2. Hipótesis Específicas:**

Hi 01:

La aplicación de la emulsión asfáltica, mejora el CBR de la sub rasante.

Hi 02:

La aplicación de la emulsión asfáltica, incide en la mejora del diseño del espesor de la vía.

Hi 03:

La aplicación de la emulsión asfáltica, influye en la transitabilidad vehicular(IMDA)

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General:**

Demostrar que la aplicación de la emulsión asfáltica, mejora las características de la Subrasante de la carretera afirmada de tercera clase, EMP. PE18-Quilca – Cochamarca.

### **1.7.2. Objetivo Específico:**

Objetivo Específico 01:

Determinar de qué manera la aplicación de la emulsión asfáltica, mejora el CBR de la subrasante.

Objetivo Específico 02:

Conocer como incide la aplicación de la emulsión asfáltica, en el diseño del espesor de la vía.

Objetivo Específico 03:

Evaluar de qué manera el uso de la emulsión asfáltica influyo en la transitabilidad vehicular (IMDA).

## II. MÉTODO

## **2.1 Diseño, tipo, nivel y enfoque de investigación**

### **2.1.1 Diseño de investigación**

Refiere Christensen (1980), viene a ser el método apropiado para generar una respuesta a las dudas que se plantean en la investigación.

Campbell y Stanley (1966), refieren que una investigación experimental está clasificada de la siguiente manera; experimentos verdaderos, pre experimentos y cuasi experimentos

En la presente investigación se ha dado el caso **experimental**, es por tanto que esta tesis viene a tomar el carácter experimental debido a manejar los instrumentos y equipos de un laboratorio de pavimentos, donde se realizaran prácticas de diseño teniendo como principal elemento la emulsión asfáltica, que se utilizara en porcentajes y de esta forma lograr estabilizar el suelo con características de vías de bajo volumen de tránsito, enfocándonos en mejorar la resistencia a la deflexión y deformación del pavimento ya conformado. Por otro lado, se establece este será de carácter transversal debido a que la información se manipula en un determinado periodo de tiempo.

### **2.1.2 Tipo de investigación**

Refiere Alfaro (2012), que una investigación aplicada viene a ser la práctica y manejo de los parámetros que establecen los Manuales y Normas establecidas en el marco del tema que se viene estudiando, no obstante, para recabar la información se hará uso de los tipos de instrumentos que se harán uso para reunir la data que servirá en la presente investigación.

De esta forma la información recopilada se adquiere en base a prácticas y que se representan en valores numéricos, siendo estos resultados información que aporta a la presente Investigación.

El presente estudio es de tipo **aplicada**, debido a utilizar conceptos referidos a esta solución básica denominada emulsión asfáltica. Así mismo se utilizan los conceptos referidos al citado elemento para la construcción de carreteras de tercer orden.

### **2.1.3 Nivel de investigación**

Refiere Razavieh (1989), que la investigación descriptiva vincula las dos variables y su posterior efecto.

En tal sentido en mi investigación se desarrollará el **nivel descriptivo y explicativo**.

### **2.1.4 Enfoque de investigación**

Refiere Hernandez (2010), este enfoque es cuantitativo debido que utiliza las etapas de cada nivel.

Finalmente, en mi Investigación se utiliza el **enfoque cuantitativo**, ya que hare uso de los valores numéricos, de cada variable.

## **2.2 Variables, Operacionalización**

### **2.2.1 Variables**

Según Arias (2006), cada variable independiente generara las causas que posteriormente se verán los efectos en la variable Dependiente.

Variable Independiente: Emulsión asfáltica.

Variable dependiente: Estabilización de la Sub rasante

## 2.2.2 Matriz de Consistencia (Operacionalización de la Variables)

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
V.I. Aplicación de la emulsión asfáltica	Técnicamente la mezcla asfáltica viene a estar compuesta por tres elementos siendo estos, asfalto, agua y el agente emulsivo, se ha visto que en algunas oportunidades se han hecho uso de aditivos de para darle una mejorar la prestancia, y de este modo mejorar la adherencia, control de rotura, entre otros. Así mismo este elemento garantiza un manejo sostenible con el ambiente. (Soengas, 2013).	Obtener resultados por medio de los cálculos y haciendo uso de los ensayos en los laboratorios correspondientes, asimismo se tiene presente el efecto que genera cada porcentaje de emulsión asfáltica en el suelo que se viene experimentando.	DENSIDAD MÁXIMA Y ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN O PROCTOR	Ensayos de Laboratorio - NTP 339.127
			RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	Certificado de calidad
			RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	VOLUMEN DE PORCENTAJE UTILIZADO 2%, 4% Y 6%	Hojas de cálculo y estadísticas
V.D. estabilización de la Sub rasante	El mejoramiento de la sub rasante mediante la estabilización, es un proceso que altera la estructura del terreno o sub rasante por medio de procedimientos químicofísicos, de este modo se mejora las características del suelo en la etapa de la construcción, asimismo la incorporación de este elemento aporta propiedades mecánicas al suelo, generando mejoras en las características del terreno, y estas viéndose reflejadas en el pavimento diseñado. (Montejo,1997)	Determinar por intermedio de las prácticas y ensayos cuanto y como ha cambiado la estructura y propiedades del suelo por la incorporación del elemento denominado emulsión, asimismo se busca resolver cual es el porcentaje recomendable para el diseño adecuado.	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS	ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA	Ensayo de Laboratorio
				ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Ensayo Maquina los Ángeles
				ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	Ensayo Proctor Modificado
			DISEÑO ASSHTO 1993	MÉTODO DE DISEÑO ASSHTO 1993	Hojas de cálculo y conteo.
			IMDA Índice Medio Diario Anual	ENCUESTAS DE CONTEO DE TRÁFICO	Hojas de cálculo y conteo.
				CLASIFICACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULOS	
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO SEGÚN LA OROGRAFÍA					

## **2.3 Población y muestra**

### **2.3.1 Población**

Refiere Navarro (2008), que viene a ser un conglomerado de sujetos, que presentan caracteres iguales o de alguna forma se relacionan entre si debido a compartir características, estos a su vez se encuentran próximos o sobre un área determinada.

En tanto mi proyecto se encuentra ubicada en el Distrito Cochamarca, en la Provincia de Oyón, Departamento de Lima. Para esta investigación se ha establecido una población conformada por 12 vías Vecinales no pavimentadas del distrito de Cochamarca.

### **2.3.2 Muestra**

Refiere Martínez (2013), que es un porcentaje del conglomerado con similares características los que son definidos por peculiaridades similares, este concepto refiere que el porcentaje señalado es parte de la población.

En esta investigación la muestra fue un tramo de 3 Km. De la carretera EMP. PE 18 - QUILCA – COCHAMARCA.

### **2.3.3 Muestreo**

Refiere Calderón (2006), que este método refiere la identificación de componentes con características específicas, que señala el investigador de manera subjetiva. Debido que este proceso no será evaluado mediante tablas y formulas probabilísticas, sino de acuerdo al manejo y pruebas de laboratorio que se realizará.

Para la presente investigación se define que el muestreo será, **no probabilístico – intencional.**

#### **➤ Observación directa:**

De acuerdo a la investigación que se realizó, fue necesario realizar los trabajos en la carretera de tercer orden ubicado en el Distrito de Cochamarca, con el objetivo de obtener los detalles del pavimento existente y cuantificar los problemas estructurales actuales de la superficie de rodadura.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **2.4.1 Técnicas recolección de datos.**

#### El fichaje

Refiere Rodríguez (2012), que este método secundario en relación a otros, su uso es frecuente a investigaciones científicas; esto debido que el presente método colabora con la recolección de datos que se van desarrollando en cada etapa y proceso de la investigación, estos documentos son de mucha importancia al momento de consolidar resultados y de resaltar detalles importantes en la investigación.

### **2.4.2 Instrumento**

- Laboratorio de Mecánica de Suelos:
  - Ensayo para determinar el Limite Etterberg e índice plástico
  - Ensayo de Resistencia a la Abrasion del agregado (Maquina los Angeles).
  - Contenido de Humedad
  - Sales solubles
  - Ensayo Proctor Modificado
  - Clasificación según CBR
  - Clasificación SUCS y AASHTO
  
- Laboratorio de Pavimentos:
  - Ensayo de Penetración
  - Ensayo de Ductibilidad
  - Ensayo de adherencia
  - Ensayo de Recubrimiento

### **2.4.3 Validez y confiabilidad**

Referente a la confiabilidad en mi investigación, este encuentra respaldo y validez debida que cada proceso realizado en el laboratorio se encuentra debidamente certificado y cumple con las normativas actuales como refieren los manuales propuestos por el ministerio de transporte. No obstante, serán anexados estos certificados en la presente investigación.

## **2.5 Métodos de análisis de datos**

### Método científico

Refiere Sanz (1989). Que el método científico consta de una lista de pasos a seguir para validar o rechazar la hipótesis planteada”.

Características del Método Científico:

- ✓ Es empírico.
- ✓ Tiene como fundamento la duda científica.
- ✓ Es inferencial.
- ✓ Es problemático – hipotético.
- ✓ Es autocrítico.
- ✓ Es circular.
- ✓ Es analítico – sintético.
- ✓ Es preciso

## **2.6 Aspectos éticos**

Mi objetivo como alumno de la carrera de Ingeniería Civil, es colaborar y apoyar a posteriores investigaciones de compañeros que se enfoquen en la rama de Pavimentos y compartan la idea de incorporar nuevas tecnologías en la construcción de vías clasificadas de tercer orden.

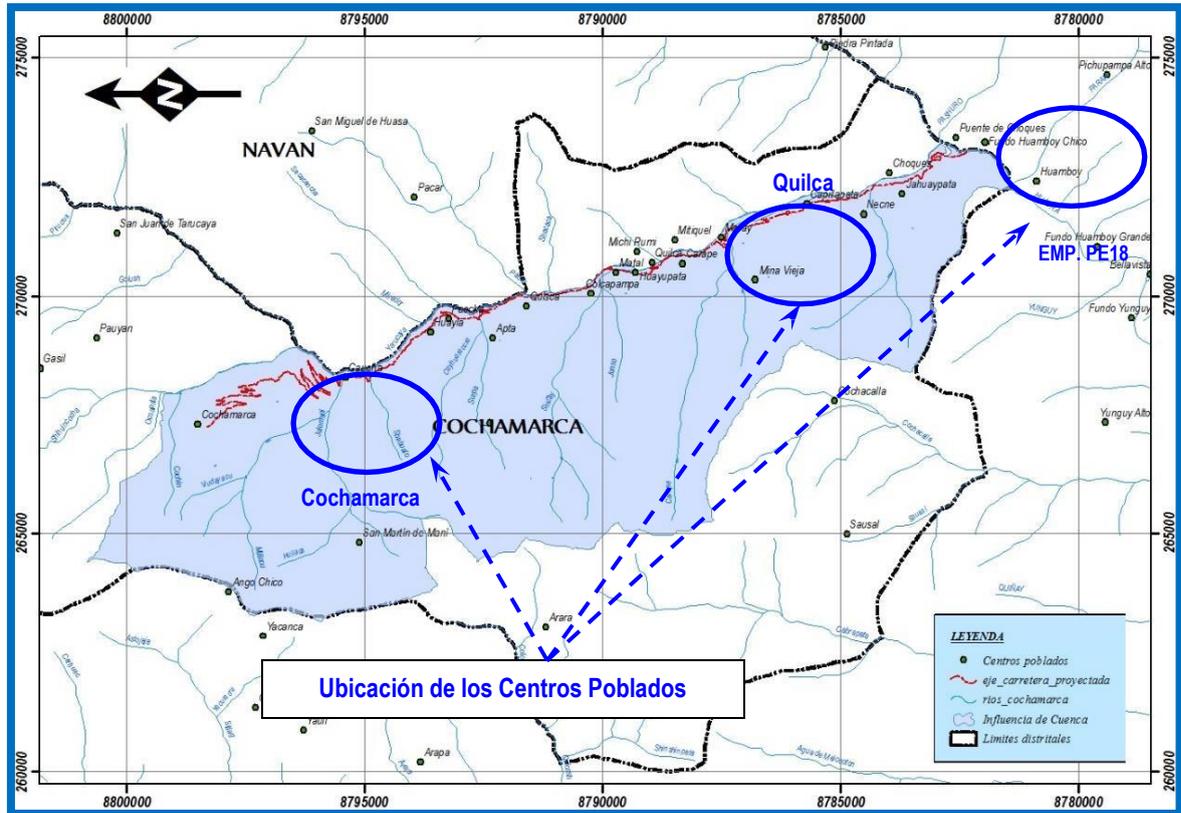
Así mismo afirmo que esta investigación lleva su sustento en cada etapa y paso que se realizó en los laboratorios por lo que es válido, asimismo en toda la está de investigación siempre se tuvo como respaldo las Normas actuales, asimismo se consideró los conceptos de los libros referidos al mismo tema siempre respetando la autoría de los mencionados, se garantiza que no tiene similitud alguna y confirma su autenticidad, fiel a esto se respalda en el software denominado Turnitin.

### III. RESULTADOS

### 3.1 Descripción de la zona de estudio

#### 3.1.1 Ubicación

Está ubicada en el Distrito de Cochamarca, en la Provincia de Oyon. Que inicia en el EMP. PE-18 y continua por el Centro Poblado de Quilca culminando en el Centro Poblado de Cochamarca, esta carretera tiene una extensión de 29+740 KM.



**Figura 7** Localización del Proyecto

Fuente (Elaboración propia)

#### 3.1.2 Descripción de zona de estudio.

La zona en estudio se denomina Cochamarca y es uno de los pocos Distritos de la Provincia de Oyon, su actividad económica esta sustentada en la agricultura, por lo que este proyecto tiene como fin contribuir con la población que se encuentra dentro y próxima a la vía, en consecuencia se propone una vía estabilizada con emulsión asfáltica la cual disminuirá los problemas de erosión longitudinal, ahuellamientos, partículas suspendidas y problemas de bacheo, beneficiando de este modo a la población ya que permitirá trasladar las mercancías que genera el sector de la agricultura, debido que los vehículos

transitaran por una carretera que no les genere un alto costo de mantenimiento, repercutiendo en la disminución de los costos de los productos en los mercados.

### 3.2 Trabajos previos

#### 3.2.1 Trabajos de campo

Se realizó un trabajo de prospección a cielo abierto en cuatro puntos, con una profundidad de 1.50 m, estos puntos iniciaron en el kilómetro 00+000, hasta el punto final ubicada en el kilómetro 03+000, con el objetivo de extraer las muestras del terreno y obtener el perfil estratigráfico de la subrasante y demás estratos; para tal objetivo se llevarán dichas muestras al Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**Tabla 3** Descripción de Calicatas

N°	CALICATA N°	PROG.	COORDENADAS	ALTITUD	PROF. (M)
1	C-01	Km. 00+000	E : 273026.494 N : 8782345.416	1142	1.50 m
2	C-02	Km. 01+000	E : 272909.231 N : 8783014.326	1220	1.50 m
3	C-03	Km. 02+000	E : 272508.793 N : 8783344.585	1268	1.50 m
4	C-04	Km. 03+000	E : 272316.952 N : 8784286.722	1328	1.50 m

Fuente (Elaboración propia)

### 3.2.2 Conteo de Tráfico

Se realizó un cálculo del Trafico IMDA.

**Tabla 4** Formato de Conteo Vehicular-MTC

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACIÓN VEHICULAR										
TRAMO DE LA CARRETERA		EMP. PE-18 - QUILCA - COCHAMARCA								
SENTIDO		ENTRADA 			E		S	SALIDA 		
UBICACIÓN		COCHAMARCA - OYON - LIMA								
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	CAMION			TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	4 E	
DIAGRA. VEH.										
LUNES	5	11	3	0	0	4	18	5	0	46
MARTES	4	12	4	0	0	4	16	6	0	46
MIERCOLES	6	14	3	0	0	4	16	8	0	51
JUEVES	5	13	4	0	0	3	24	7	0	56
VIERNES	7	16	4	0	0	4	22	6	0	59
SABADO	12	26	7	0	0	4	9	5	0	63
DOMINGO	7	18	4	0	0	6	19	7	0	61
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>55</b>

Fuente (Ministerio de Transportes, 2013)

### 3.2.3 Ensayos de laboratorio

#### 3.2.3.1. Ensayo de contenido de humedad.

Los trabajos de laboratorio para determinar el contenido de humedad de la muestra denominada patrón se desarrollaron en base a los pasos establecidos en la Norma NTP 339.127.

Se utilizaron 500gr de muestra tomada de la calicata N°03, para estos trabajos de laboratorio en defecto, estos ensayos se realizaron en el Laboratorio denominado C3 Ingeniería Especializada.

#### 3.2.3.2. Ensayo de análisis granulométrico.

El análisis granulométrico se realizó al terreno perteneciente a la calicata N°03, como se cita en la norma NTP 339.128, para el desarrollo de estos trabajos se realizó en primera etapa un secado de la muestra, continuando con el pesaje y finalmente realizar el zarandeo del material, tomando en cuenta el tamiz N° 200.

#### 3.2.3.3. Ensayo de límite líquido y plástico.

Este trabajo de laboratorio se realizó utilizando 500gr de la muestra crítica perteneciente a la calicata N°03 y a la cual se aplicarán los porcentajes de emulsión Asfáltica, el proceso siguió los pasos establecidos en la Norma NTP 339.129.

#### 3.2.3.4. Límite líquido.

Para dar inicio con este trabajo de laboratorio se realizó previamente el tamizado del material por la malla N°40, siendo seleccionado el material que paso por esta, continuando con el proceso en un recipiente de porcelana se mesclo el material seleccionado con agua hasta conseguir una mezcla uniforme y colocarla en la copa de Casagrande, previamente esta fue nivelada para un espesor de 1cm, posteriormente la muestra se dividió por la mitad.

Esta actividad de trabajo prosiguió con el pesaje y golpeteo de la copa de Casagrande y el pesaje respectivo para ubicarlas en taras siendo el siguiente paso llevarlas al horno y sacarlas en un periodo de 24 horas, y finalmente pesarlas para posteriormente mediante cálculos determinar su peso y compararlas con la muestra en esta natural inicial y de este modo conocer la humedad requerida.

En relación a los trabajos previos se realizó una tabla y grafica de acuerdo a los golpes que se realizó a la muestra, y tal como se indicó se realizaron los cálculos correspondientes para determinar el valor del límite líquido de la muestra.

No obstante, este trabajo de laboratorio se realizó en tres determinadas oportunidades y de esta forma obtuvo la humedad promedio final.

#### 3.2.3.5. Límite plástico.

A un porcentaje del material seleccionado que pasa la malla N°40, se le coloca en un recipiente y se agrega agua para obtener una pasta que con la mano se irán formando y enrollando para obtener un diámetro de 3 mm, estas muestras se introdujeron en el horno por 24 horas, de esta manera se realizó el cálculo del contenido de humedad por cada muestra.

Este trabajo específico fue realizado en dos oportunidades, para consolidar el resultado se realizó un el promedio de los valores obtenidos.

#### 3.2.3.6. Clasificación SUCS

Los trabajos de granulometría se realizaron en muestras de las calicatas N°01, N°02, N°03 y N°04. Asimismo, se consideró el cálculo de límite Plástico y líquido correspondiente. Esta actividad se realizó bajo los parámetros establecidos en la norma NTP 339.134, para posteriormente detallar estos datos en las hojas Excel y determinar su respectiva clasificación.

#### 3.2.3.7. Classification AASHTO

Los trabajos en el laboratorio para determinar la clasificación AASHTO, se realizaron a las calicatas N°01, N°02, N°03 y N°04, para tal caso se utilizó los datos anteriores tales como límite Plástico y límite líquido correspondiente.

#### 3.2.3.8. Método de aplicación de la Emulsión Asfáltica en el suelo.

La técnica para adicionar la Emulsión Asfáltica como estabilizador a un porcentaje del suelo se realizó en porcentajes considerando el peso seco de dicha muestra. Por otra parte, el peso específico de la emulsión a utilizar será 1.084 gr/cm<sup>3</sup>, valor que se obtuvo de su ficha técnica.

En tanto se utilizó la relación Directa para calcular la proporción de suelo que se deberá utilizar en cada porcentaje (2%, 4% y 6%), este valor es divide con el peso específico de la emulsión obteniéndose la cantidad que se adicionara.

### 3.2.3.9. Ensayo de compactación Proctor Modificado

Los ensayos de Proctor Modificado se desarrollaron en base a la NTP 339.141 con referencia al Método “A”, debido a contar con un menor porcentaje retenido en la malla N°4 siendo este un 20%; asimismo los ensayos se realizaron en la muestra crítica, así como en las demás muestras luego de incorporarles el estabilizador. Este ensayo demandó de 4 muestras de 3 kilos cada una.

El trabajo posterior fue colocarlas en un molde con el objetivo de compactarlas con 25 golpes en 5 oportunidades como se indica en la mencionada Norma, en consecuencia, a todos estos procesos se pudo calcular la densidad húmeda. No obstante, también se pudo calcular el contenido de humedad para cada muestra.

Posteriormente en base a los datos recabados se realizó el gráfico de compactación ayudándonos de algunas hojas de cálculo, el gráfico fue elaborado por una parte en el eje de las abscisas el contenido de humedad y en el eje de las ordenadas la densidad seca. Y valiéndonos de este gráfico se pudo identificar la máxima densidad seca en función a su contenido de humedad, datos que posteriormente se utilizarán en el cálculo del CBR.

### 3.2.3.10. Ensayo de CBR (valor soporte californiano)

Para el cálculo del CBR se tomaron los parámetros establecidos en la norma NTP 339.145, esto debido a contar con un suelo cohesivo y reconocer que son afectados por la humedad, en tal sentido se tuvo que realizar tres ensayos durante 4 días, a continuación, paso a detallar cada una de las etapas.

#### 3.2.3.10.1. Ensayo de Compactación CBR.

Como primera etapa se determinó el contenido de humedad mediante el ensayo de Proctor Modificado. Posteriormente se ubicó en tres moldes la pasta en cinco capas, estas de forma progresiva con golpes de 13, 27 y 56, como lo especifica la Norma.; a su vez se calculó la densidad húmeda y seca de cada una de estas muestras.

#### 3.2.3.10.2. Ensayo de hinchamiento.

Posteriormente a la compactación, se ubicaron las muestras de forma invertida, con el objetivo de colocar la superficie libre vista hacia arriba, se prosiguió con la colocación de

estas muestras en el tanque con agua por un periodo de 4 días (96 horas), y se prosiguió a registrar las lecturas de toda variación de medidas durante este periodo.

#### 3.2.3.10.3. Ensayo de carga –penetración.

Como primera etapa se retira del tanque contenido de agua estas muestras que estuvieron 4 días, y se procede retirar todo tipo de sobrecarga y la placa de expansión, siempre antes se puso al ambiente un periodo de 15 minutos.

Terminado este proceso se llevó la muestra a una prensa hidráulica, donde se aplicó un ensayo de penetración empleando un compresor a velocidad de 0.05 pulg/min., en tanto se tomaron apuntes de las lecturas que mostraba el equipo. Finalmente para terminar este ensayo se calculó la densidad y contenido humedad, este trabajo se realizó en cada molde.

Para identificar con facilidad las variaciones de los datos se tuvo que realizar una gráfica de tres curvas que grafican el esfuerzo vs deformación con respecto a cada molde, los valores de deformación se encuentran ubicadas en el eje de las abscisas y el esfuerzo en el eje de las ordenadas, los valores utilizados fueron de 0.1” y 0.2” en la penetración para calcular el valor del CBR.

Para poder tener una explicación más práctica de interpretar con estos valores se construyó una gráfica de la densidad seca vs CBR, de acuerdo a los valores que anteriormente fueron descritos. Para determinar cuáles son los valores máximo m y mínimos para las dos fuerzas aplicadas. Y de esta forma determinar valores máximos, promedios y mínimos.

#### 3.2.3.11. Contenido de humedad de la muestra.

El valor establecido para un contenido de humedad promedio es de 17.4 %.

#### 3.2.3.12. Análisis granulométrico.

El cálculo y grafica de la granulometría de los valores del zarandeo de las muestras se adjuntan a continuación.

**Figura 8** Resultados de ensayo análisis granulométrico de la muestra crítica

Calicata : C-3 Prog. 002+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Coordenadas	
Norte	8783344.585
Este	272508.793
Cota (m)	1268.00

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico N.T.P. 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3"	75.000	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº4	4.750	0.1	0.1	99.9
Nº10	2.000	2.6	2.7	97.3
Nº20	0.850	2.4	5.1	94.9
Nº40	0.425	3.7	8.8	91.3
Nº60	0.250	3.6	12.3	87.7
Nº140	0.106	2.4	14.7	85.3
Nº200	0.075	3.6	18.3	81.7
FONDO		81.7	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos N.T.P. 339.129	
Límite Líquido	39
Límite Plástico	23
Índice de Plasticidad	16

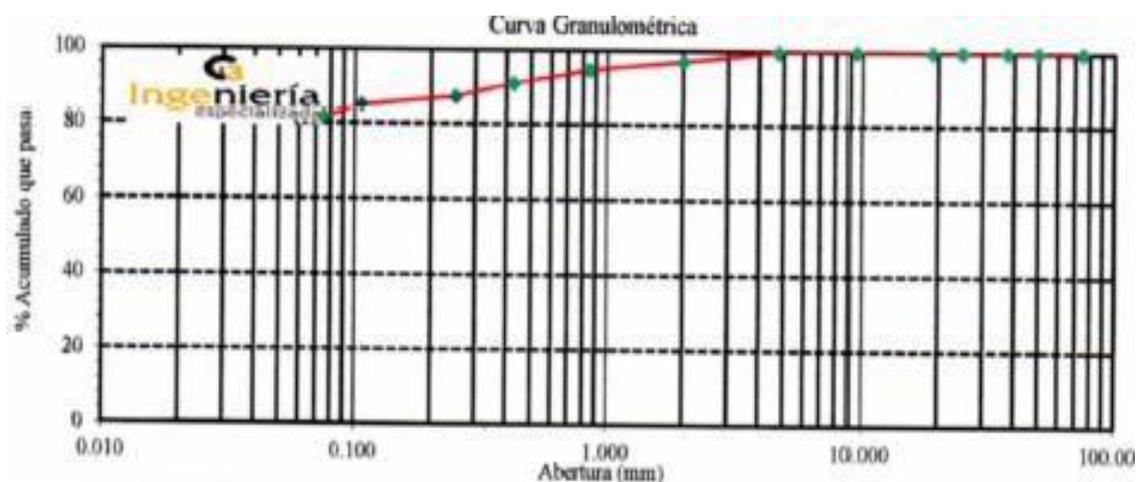
Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad N.T.P. 339.127	
% Grava	0.1	% Humedad	16.3
% Arena	18.2		
% Finos	81.7		

Clasificación SUCS N.T.P. 339.134		Clasificación AASTHO N.T.P. 339.135	
Símbolo	CL	A-7-5 (13)	
Nombre	Arcilla de baja plasticidad con arena		

Fuente (C3 ingeniería especializada, 2017)

**Figura 9:** Curva de análisis granulométrico de la muestra crítica



Fuente (C3 ingeniería especializada, 2017)

**3.2.3.13. Ensayo de límites de Atterberg.**

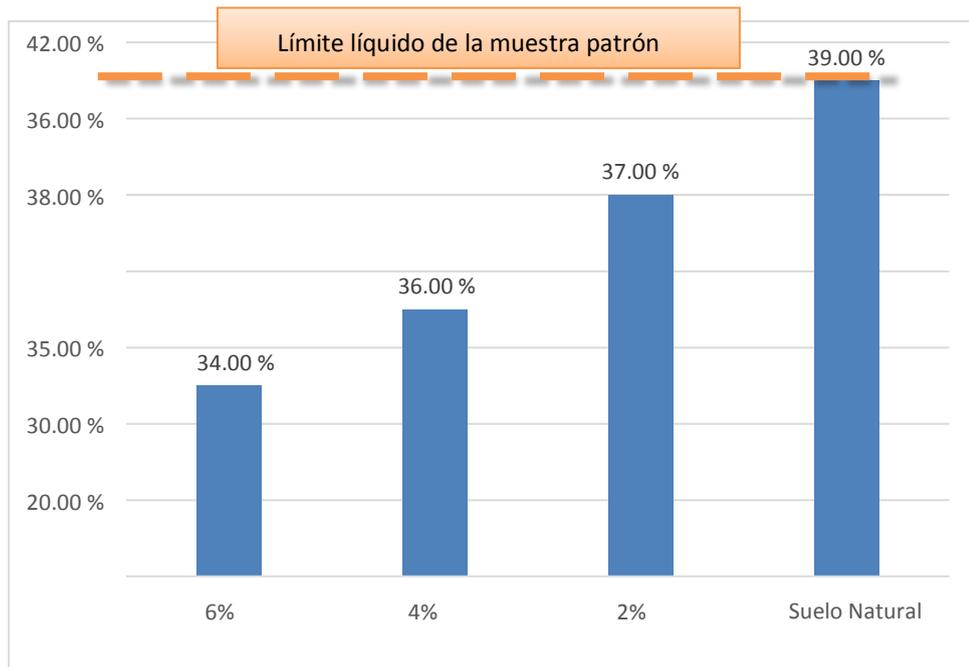
A continuación, se muestran en una tabla los valores de límite plástico, límite líquido e índice plástico, que resultan luego de utilizar los porcentajes de 2%, 4% y 6% de emulsión en la muestra crítica.

**Tabla 5** Cuadro de resultados del ensayo de límites de Atterberg.

ENSAYOS		SUELO NATURAL (Muestra Crítica)	2% DE EMULSION ASFÁLTICA	4% DE EMULSION ASFÁLTICA	6% DE EMULSION ASFÁLTICA
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>	Límite líquido	39.00 %	37.00 %	36.00 %	34.00 %
	Límite Plástico	23.00 %	25.00 %	26.00 %	27.00 %
	Índice de Plasticidad	16.00 %	12.00 %	10.00 %	07.00 %

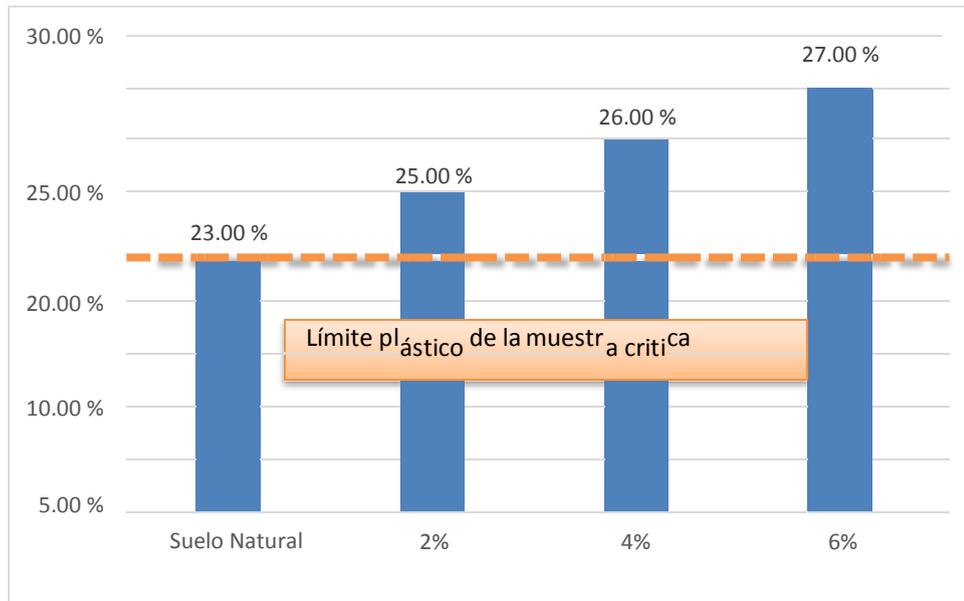
Fuente (Elaboración propia)

**Figura 10:** Comparación de los ensayos del límite líquido.



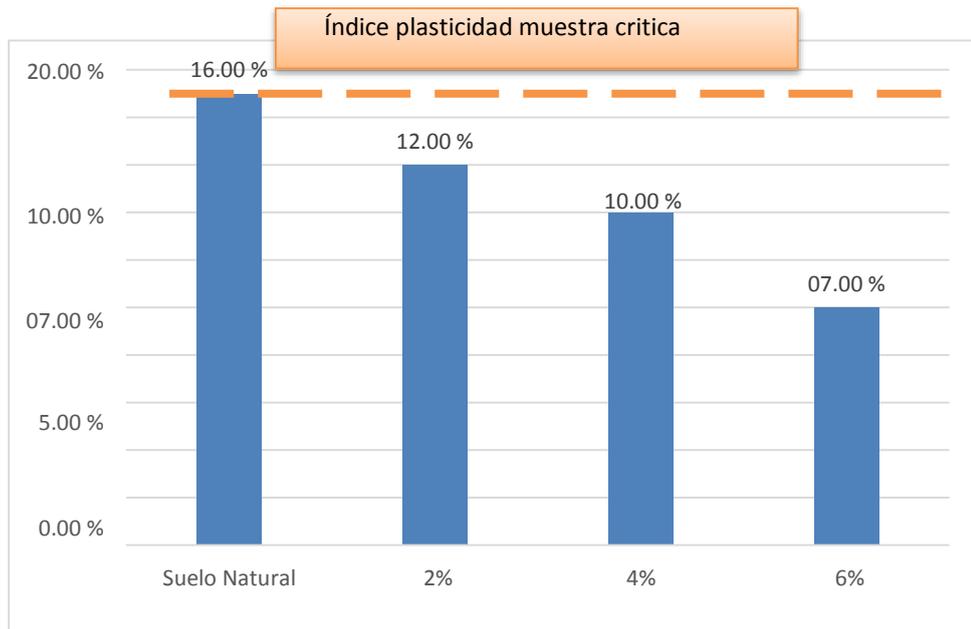
Fuente (Elaboración propia)

**Figura 11:** Comparación de los resultados de límite plástico.



Fuente (Elaboración propia,)

**Figura 12:** Comparativo de valores obtenidos en el cálculo del índice de plasticidad.



Fuente (Elaboración propia)

### 3.2.3.14. Clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos).

Una vez concluidos los trabajos en laboratorio tales como el análisis granulométrico y el análisis del Límite de Atterberg, se determinó el tipo de material con la nomenclatura correcta para lo cual se necesitó el sistema Unificado que utiliza la carta de plasticidad de los distintos tipos de suelos existentes, en base a este tipo de análisis se determinó que el material con el que estamos trabajando es una arcilla de mediana a baja plasticidad o conocida según las tablas como CL.

### 3.2.3.15. Clasificación AASHTO.

No obstante, para realizar la clasificación por el método AASHTO. Se tuvieron que utilizar los datos que se obtuvieron al realizar los trabajos de laboratorio tales como límite Atterberg y granulométrica, y basado en las características y valores que se manejan en esta tabla se determinó que nuestro material de ensayo esta clasifica como un A-7-5 (13) que es llamado suelo blando.

### 3.2.3.16. Ensayo de Proctor modificado y CBR.

Posterior a los trabajos que se realizaron en el laboratorio, se prosiguió a elaborar un cuadro comparativo de estos valores. Es así que se colocan los valores sin la aplicación de la emulsión, y cuando la emulsión se emplea en porcentajes de 2%, 4% y 6%.

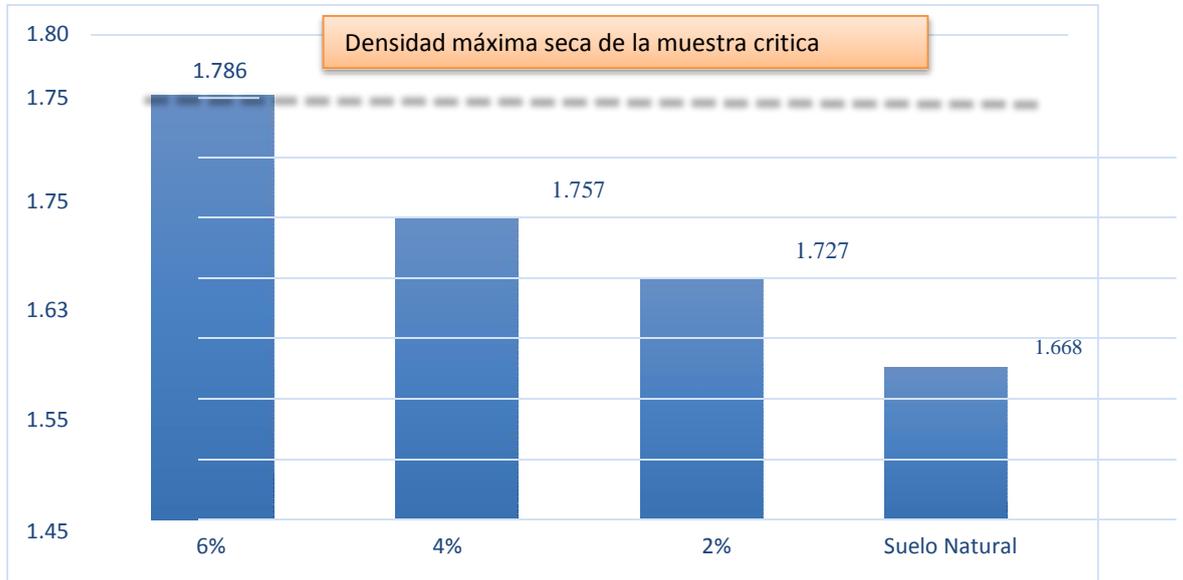
**Tabla 6:** Cuadro comparativo de los ensayos de Proctor Modificado

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

Fuente: Elaboración propia

**Densidad Máxima Seca.** Los valores conseguidos de la densidad máxima seca, este incrementa a medida que aumenta la dosificación de la emulsión asfáltica.

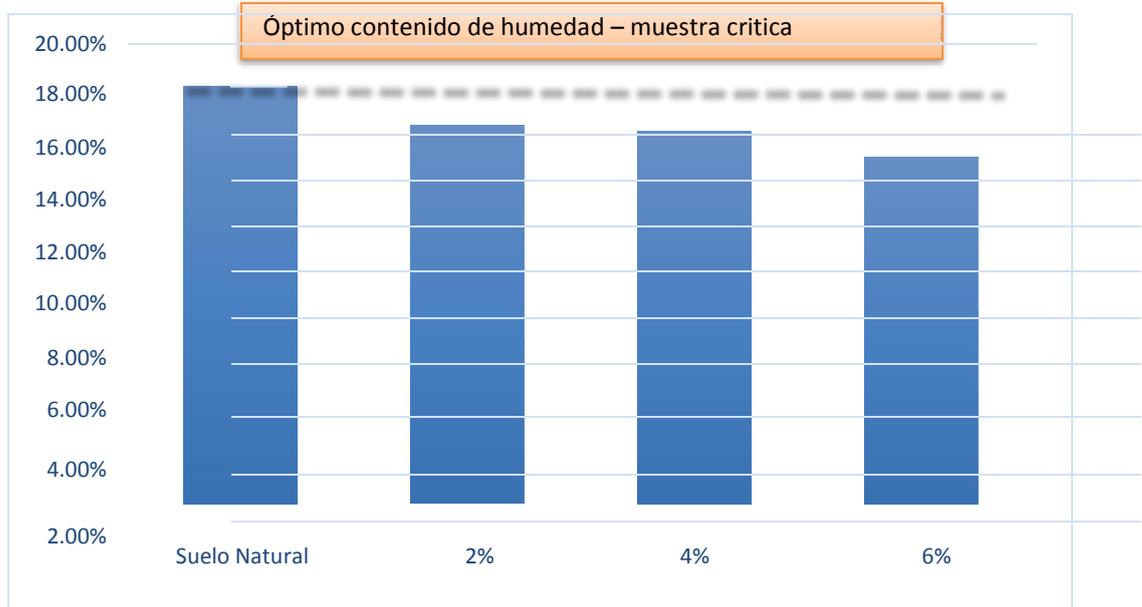
**Figura 13:** Comparación de los resultados de la densidad máxima seca



Fuente (Elaboración propia)

**Óptimo contenido de humedad.** La siguiente grafica 3.8 permite observar que el óptimo contenido de humedad disminuye al existir una mayor dosificación de Emulsión asfáltica.

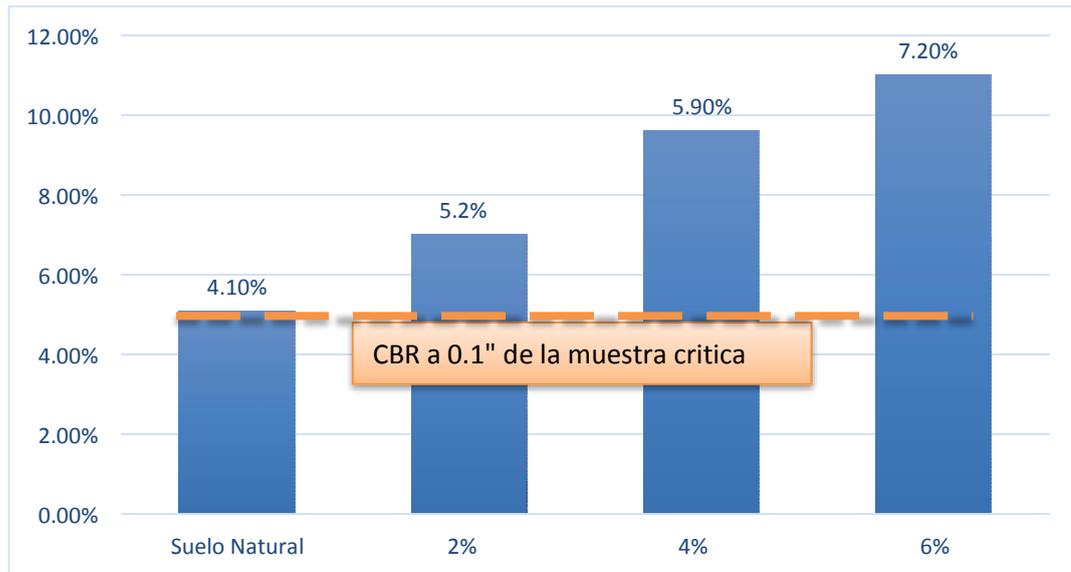
**Figura 14:** Comparación de los resultados de óptimo contenido de humedad



Fuente (Elaboración propia)

**California Bearing Ratio (CBR).** Se observa en la gráfica 3.9, que el CBR varia proporcionalmente al incrementarse la dosificación de la Emulsión asfáltica.

**Figura 15:** Comparativo del CBR al 0.1”



Fuente (Elaboración propia.)

**Tabla 7** Cuadro comparativo de los ensayos de CBR

ENSAYOS		CALICATA N°01	CALICATA N°02	CALICATA N°03	CALICATA N°04
LÍMITES DE ATTERBERG	Límite líquido	38	37	39	34
	Límite Plástico	27	25	23	25
	CBR	4.8 %	4.5 %	4.1%	4.4 %

Fuente (Elaboración propia)

### 3.2.3.17. Diseño AASHTO.

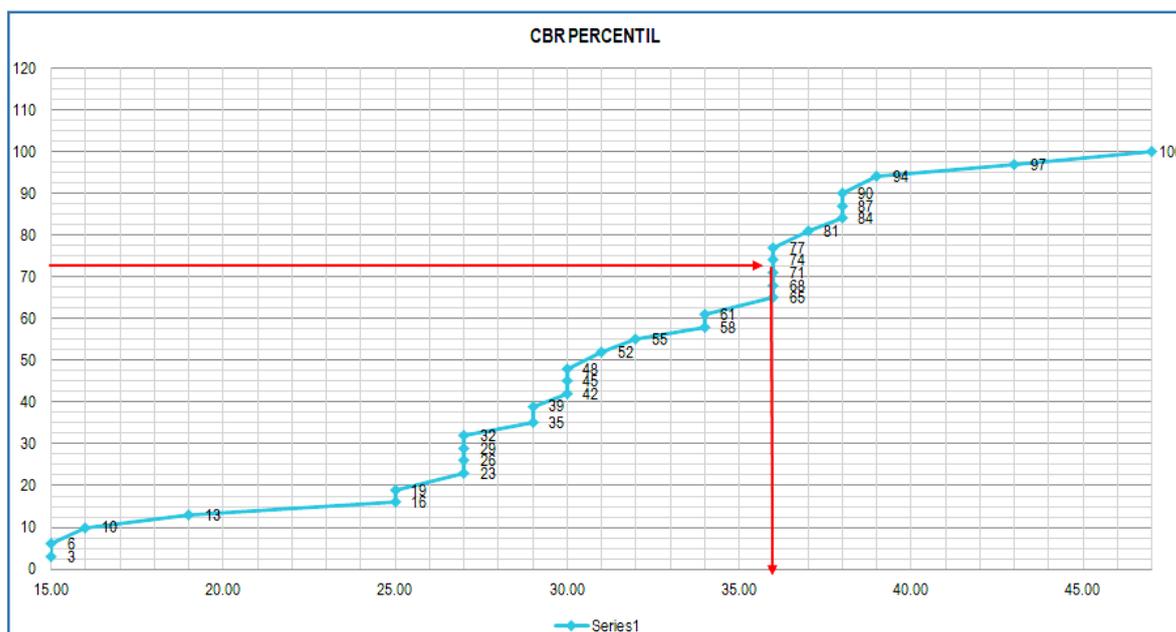
Valor de percentil por tipo de tráfico

Nivel de transito	Valor percentil para diseño de subrasante
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	75
> de 10,000 ESAL's	87.5

Fuente (Instituto del asfalto, MS-1)

Para la investigación se utilizó el EAL 8.2, se ha registrado un valor de 219,243.06 (de acuerdo al conteo vehicular), el transito se ubica entre los 10,000 y 1,000,000.00, por lo que el percentil de diseño a considerar será de 75%.

**Figura 16 CBR Percentil**



Fuente (Elaboración propia)

$$\text{Log } W_{8,2} = Z_R * S_o + 9.36 * \text{Log}(SN+1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left[ \frac{\Delta PSI}{|4.2 - 1.5|} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.30 * \text{Log } M_R - 8.07$$

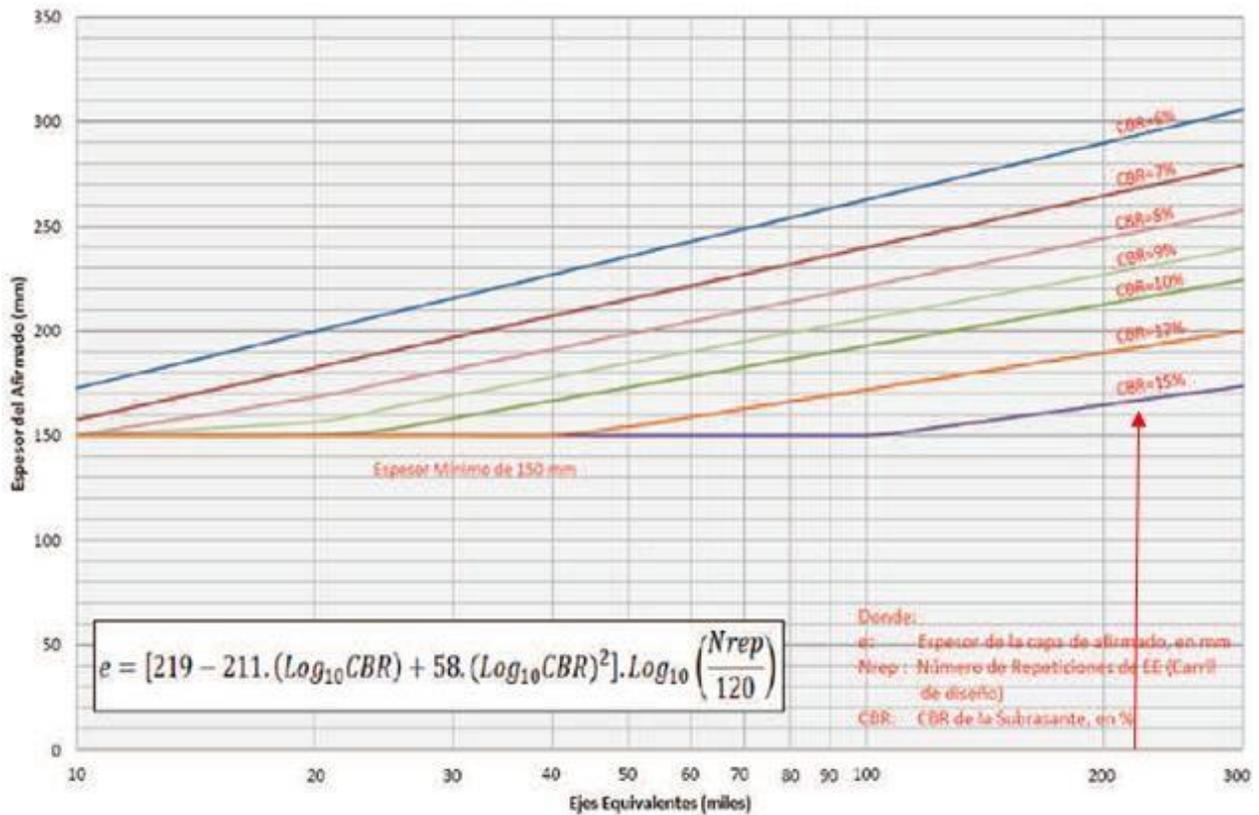
**Tabla 8** Cuadro comparativo de dosificación

TIPO DE ESTABILIZADOR RECOMENDADO	DOSIFICACIÓN (3) Recomendada	DOSIFICACIÓN (3) Tramo en estudio
Emulsión	4-8%	5.8%

Fuente (Instituto del asfalto, MS-1)

**Figura 17** CBR-Espesor de afirmado

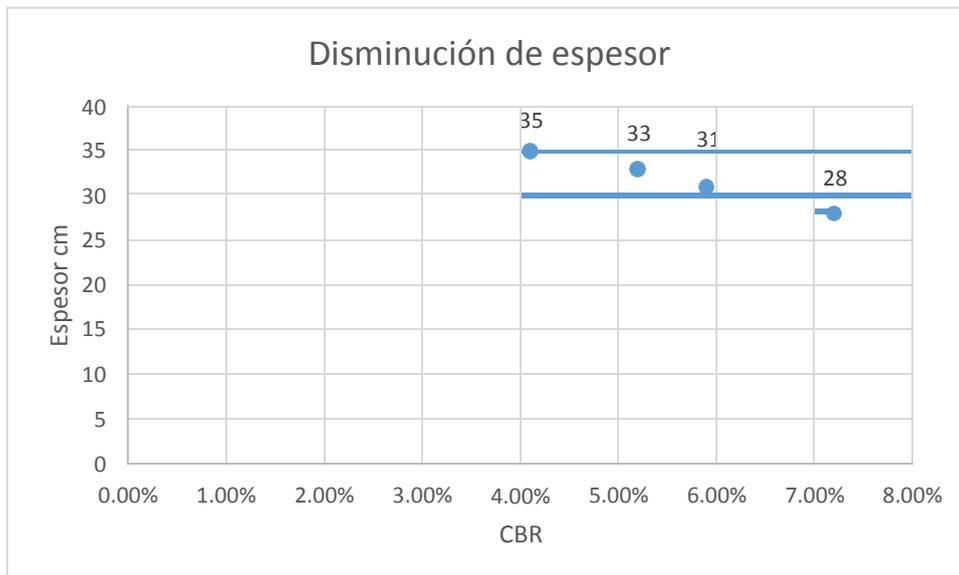
valores para el espesor del revestimiento granular



Fuente (Manual de carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013")

Según la figura 17, donde se puede observar que al tener como dato el número de ejes equivalente de 219,243.06 y mediante el CBR de cada caso analizado con un porcentaje de emulsión asfáltica de 2%, 4% y 6% podemos obtener los espesores para cada caso resultado 33cm, 31cm y 28cm respectivamente.

Como podemos diferir que con un mayor porcentaje de emulsión asfáltica en 6% logramos un espesor reducido.



#### IV. DISCUSIÓN

1. Bajo todos los ensayos que se detallaron se deduce que, al incrementar la proporción de emulsión asfáltica, la capacidad portante determinado por el CBR incrementa. esto prueba la hipótesis señalada, obteniendo como resultado una mejor capacidad portante del terreno arcilloso al incrementarse, obteniéndose una capacidad casi del doble del valor de la muestra crítica, esto se logró con un 6% de estabilizador.

Este tipo de resultado es similar al que propuso Rabines (2010) en su estudio, al notar que el CBR se incrementa cuando hizo uso de un agente enzimático para estabilizar el suelo que utilizo como muestra, finiquita que al tener un terreno clasificado como CL (SUCS) y que al incorporar este agente al terreno el CBR llega a incrementarse en un aproximado del 200%, siendo casi dos veces el valor de la muestra patrón.

2. De acuerdo con los resultados del análisis se observó que al perfeccionar las condiciones de la muestra patrón adicionándole la emulsión, se ve las mejoras de los parámetros del suelo. Tanto que se observa incrementos en la resistencia del terreno, sobreentendiendo que este detalle reduce el espesor del afirmado como se observa en la figura 3.11, al haber mayor resistencia en tanto esto incide en el diseño de las distintas capas de la vía obteniendo espesores menores y estos generando menores costos en el proceso de ejecución.

Según (Morochó y Villalta, 2015) La aplicación de la emulsión asfáltica incrementa las propiedades de resistencia del suelo respecto distintos agentes externos esto en la etapa de diseño nos proporciona menores espesores de afirmado lo cual influye en el aspecto económico.

3. Al efectuar el estudio respecto a la influencia que tiene la densidad seca considerada en un 1.67% según la tabla 3.3, de acuerdo al suelo natural del estudio al aplicar la emulsión asfáltica esta mejora hasta en un 1.8 gr/cm<sup>3</sup> utilizando un máximo de 6% consiguiendo una mayor capacidad a resistir las cargas en la vía. La subrasante al mejorar repercute en la distribución de los esfuerzos en las distintas capas del pavimento obteniéndose de este modo una mayor transitabilidad vehicular en la vía.

4. Durante el análisis y ensayos realizados en mi investigación se observó que la característica geotécnica del pavimento tuvo muchos cambios respecto al incremento del CBR así como los límites de Atterberg y la máxima densidad, esto debido a la aplicación de la emulsión asfáltica lo cual resulto un factor que mejoro el terreno patrón clasificado como arcilloso, finalmente el terreno patrón paso a ser un suelo regular debido al incremento de su resistencia al corte.

## V. CONCLUSIONES

1. El uso e incorporación de la emulsión asfáltica mejoro el CBR del terreno patrón, ya que el suelo natural arcilloso tiene un CBR de 4.10% y al aplicarle la emulsión asfáltica en 2% se obtuvo un CBR de 5.20%. de la misma manera al incrementar a 4% de emulsión resulto un CBR de 5.9% y finalmente se incrementó en 6% obteniendo 7.20% de CBR, del análisis se observó que con 6% del estabilizador se incrementó en casi el doble respecto al suelo natural lo cual podemos afirmar que tiene una tendencia ascendente tal como se demuestra en el gráfico a mejorar la resistencia cortante.
2. La emulsión asfáltica incide de manera favorable en el diseño del espesor de la vía, teniendo el suelo natural un espesor de 35cm y al aplicarle el estabilizador asfaltico en 2% se obtuvo 33cm posteriormente con 4%, resulto 31cm y por último al 6% se redujo a 28cm, con lo cual podemos establecer que al 6% se obtendrá el menor espesor de 28cm siendo factible, ya que se reducen 7cm respecto al suelo natural, tendiendo una proyección descendente conforme aumenta el CBR.
3. Al utilizar el agente denominado emulsión asfáltica se conseguirá un incremento en la transitabilidad en la carretera, ya que al analizar la densidad seca del suelo natural resulto una densidad de 1.67gr/cm<sup>3</sup> y al incorporarle la emulsión en 2% aumento a 1.73 gr/cm<sup>3</sup> y entonces al aumentar la dosis en 4% resulto 1.76 gr/cm<sup>3</sup> y por último con 6% se obtuvo un máximo de 1.8gr/cm<sup>3</sup> por lo cual se concluyó que al mayor porcentaje de dosis se mejora la propiedad del suelo logrando una buena eficiencia en su compactación y transmisión de carga al suelo firme.
4. La aplicación de la emulsión asfáltica ayuda a mejorar las propiedades geotécnicas del terreno de fundación debido a incrementar la resistencia cortante de 4.10% a 7.2% así como disminución del espesor de 35cm a 28cm lo que resulta viable porque reduce un costo directo en su ejecución así mismo mejora la resistencia a transmitir cargas al suelo firme debido al incremento de densidad seca de 1.67gr/cm<sup>3</sup> a 1.8gr/cm<sup>3</sup>.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se llama a mostrar mayor interés a las empresas consultoras avocadas a la construcción de carreteras tomar en cuenta la emulsión asfáltica en un rango de 2% a 6% este último proporcionando un mayor CBR lo cual aumentara las propiedades de resistencia de la sub rasante en un tipo de suelo arcilloso como el estudiado en este proyecto de investigación.
2. Se recomienda a los proyectistas incluir en sus diseños de pavimentos AASHTO, la aplicación del agente denominado emulsión asfáltica para así aumentar la capacidad portante de la subrasante, con lo cual nos resultara menores espesores lo cual es un factor económico importante en los proyectos para así tener mejores prácticas en la construcción de pavimentos-afirmado adecuados.
3. Se recomienda que durante el proceso constructivo se puede usar la emulsión asfáltica, con fines de mejorar la calidad del suelo siempre y cuando el tipo de suelo lo requiera, previo estudio de las propiedades de la capa de suelo.
4. Se recomienda a los futuros investigadores considerar los estudios donde se utiliza la emulsión asfáltica como estabilizador de la subrasante, y las mejoras que aportaría su aplicación en otras zonas geográficas de nuestro País incorporando nuevas opciones en el mejoramiento de los suelos.

## REFERENCIAS

1. Rodríguez, R., Castaño, V., & Martínez, M. (2001). Emulsiones Asfálticas. Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte.
2. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (.). Manual de Ensayo de Materiales EM -2000. Peru.
3. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Especificaciones Técnicas Generales EG-2013. Peru
4. Lopera, C. (2011). Diseño y producción de mezclas asfálticas tibias a partir de la mezcla de asfalto y aceite crudo de palma. Disertación. Universidad Nacional de Colombia
5. Shell. (2008). Comisión permanente del Asfalto, XXXV Reunión del Asfalto. Mezclas asfálticas a mas bajas temperaturas. Rosario, Argentina.
6. McConnaughay Technologies. (2014). Obtenido de [http://www.mcconnaughay.com/lowemissionasphalt\\_process.php](http://www.mcconnaughay.com/lowemissionasphalt_process.php)
7. Thenoux, G. (1988). Aplicaciones y limitaciones de los ensayos para medir consistencia y propiedades reológicas del asfalto. Revista de Ingeniería de Construcción (5), 80-114.
8. Thenoux, G. (2014). Curso de Construcción y Tecnología en Asfalto. PUC. Santiago, Chile.
9. Thenoux, G., & Jamet, A. (2002). Tecnología del asfalto espumado. Revista Ingeniería de Construcción, 17(2), 84-92.
10. Ulloa Calderón, A. (2011). Mezclas Asfálticas Tibias (MAT). Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), 2(15), 1-6.
11. AASHTO T316-11. (2011). Viscosity Determination of Asphalt Binder Using Rotational Viscometer. American Association of State Highway and Transportation Officials.
12. Asphalt Institute. (2007). The Asphalt Handbook MS-4 (7 ed.). Lexington: Asphalt Institute.
13. ASTM C88-13. (2013). Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate. American Standard for Testing and Materials.
14. ASTM D2042-12. (2012a). Standard Test Method for Solubility of Asphalt Materials in Trichloroethylene. American Standard for Testing and Materials.

15. ASTM D2171-10. (2010a). Standard Test Method for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer. American Standard for Testing and Materials.
16. ASTM D2419-14. (2014). Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate. American Standard for Testing and Materials.
17. ASTM D7496-11. (2011). Standard Test Method for Viscosity of Emulsified Asphalt by Saybolt Furol Viscometer. American Standard for Testing and Materials.
18. Capitao, S., Picado-Santos, L., & Martinho, F. (2012). Pavement engineering materials: Review on the use of warm-mix asphalt. *Construction and Building Materials*, 36, 1016-1024.
19. Federal Highway Administration. (2008). Warm Mix Asphalt - European Practice. Report N° FHWA-PL-08-007, 1-59.
20. Goh, S. W. (2012). Development and improvement of warm-mix asphalt technology. Dissertation, Michigan Technological University.
21. Hurley, G., & Prowell, B. (2005a). Evaluation of Sasobit for Use in Warm Mix Asphalt - NCAT Report 05-06. Auburn: National Center for Asphalt Technology (NCAT).
22. Hurley, G., & Prowell, B. (2005b). Evaluation of Aspha-min Zeolite for Use in Warm Mix Asphalt - NCAT Report 05-04. Auburn: National Center for Asphalt Technology.
23. James, A. (2006). Overview of Asphalt Emulsions. Transportation Research Board(E-C102), 1-15.

## ANEXOS

**Anexo 1: Matriz de Consistencia**

**“Aplicación de la Emulsión Asfáltica en la estabilización de la Sub rasante de la carretera afirmada de tercera clase, Emp. PE 18 Quilca – Cochamarca, año 2017.”**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cómo influye la aplicación de la emulsión asfáltica, en las características de la Sub rasante de la carretera afirmada de tercera clase EMP.PE18-Quilca – Cochamarca?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>Problema Específico 01:</p> <p>¿De qué manera influirá la aplicación de la emulsión asfáltica, en el CBR de la sub rasante?</p> <p>Problema Específico 02:</p> <p>¿Qué incidencia tiene la aplicación de la emulsión asfáltica en el diseño del espesor de la vía?</p> <p>Problema Específico 03:</p> <p>¿Cómo influirá la aplicación de la emulsión asfáltica en la transitabilidad vehicular (IMDA)?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Demostrar que la aplicación de la emulsión asfáltica, mejora las características de la Sub rasante de la carretera afirmada de tercera clase, EMP.PE18-Quilca – Cochamarca.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Objetivo Específico 01:</p> <p>Determinar de qué manera la aplicación de la emulsión asfáltica, mejora el CBR de la sub rasante.</p> <p>Objetivo Específico 02:</p> <p>Conocer como incide la aplicación de la emulsión asfáltica, en el diseño del espesor de la vía.</p> <p>Objetivo Específico 03:</p> <p>Evaluar de qué manera el uso de la emulsión asfáltica influyo en la transitabilidad vehicular (IMDA).</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>La aplicación de la emulsión asfáltica, mejora las características de la Sub rasante de la carretera afirmada de tercera clase, EMP.PE18-Quilca – Cochamarca.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>Hipótesis Específico 01:</p> <p>La aplicación de la emulsión asfáltica, mejorara el CBR de la sub rasante.</p> <p>Hipótesis Específico 02:</p> <p>La aplicación de la emulsión asfáltica, mejora el diseño del espesor de la vía</p> <p>Hipótesis Específico 03:</p> <p>La aplicación de la emulsión asfáltica, influye en la transitabilidad vehicular (IMDA)</p>	<p><u>VARIABLE 1:</u></p> <p><b>APLICACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA</b></p>	<p>D1: DENSIDAD MÁXIMA Y OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD</p> <p>D2: RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE</p> <p>D3: RESISTENCIA A LA ABRASIÓN</p>	<p>I1. ENSAYOS DE COMPACTACIÓN O PROCTOR</p> <p>I1. ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)</p> <p>I1. VOLUMEN DE PORCENTAJE UTILIZADO 2%, 4% Y 6%</p>	<p><u>MÉTODO:</u></p> <p>Científico</p> <p><u>TIPO DE INVESTIG.:</u></p> <p>Aplicada.</p> <p><u>DISEÑO DE LA INVEST.:</u></p> <p>El presente trabajo tiene un diseño experimental debido a que manipula una o más variables en el estudio.</p> <p><u>NIVEL:</u></p> <p>Descriptivo y Explicativo. que la investigación descriptiva vincula las dos variables y su posterior efecto. En tal sentido en mi investigación se desarrollará el nivel descriptivo y explicativo. (Razavieh 1989 p.95).</p> <p><u>POBLACIÓN:</u></p> <p>Refiere Navarro (2008), que viene a ser un conglomerado de sujetos, que presentan caracteres iguales o de alguna forma se relacionan entre si</p>

			<p><u>VARIABLE 2:</u></p> <p><b>ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE</b></p>	<p>D1: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS</p> <p>D2: DISEÑO ASSHTO 1993</p> <p>D3: TIPO DE TRAFICO</p>	<p>11. ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA</p> <p>12. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO O POR TAMIZADO</p> <p>13. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD</p> <p>11: MÉTODO DE DISEÑO ASSHTO 1993</p> <p>11: ENCUESTAS DE CONTEO DE TRAFICO</p> <p>12: CLASIFICACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULOS</p> <p>13: DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO SEGÚN LA OROGRAFÍA</p>	<p>debido a compartir características, estos a su vez se encuentran próximos o sobre un área determinada.</p> <p>En tanto mi proyecto se encuentra ubicada en el Distrito Cochamarca, en la Provincia de Oyon, Departamento de Lima. Para esta investigación se ha establecido una población conformada por 12 vías Vecinales no pavimentadas del distrito de Cochamarca.</p> <p><u>MUESTRA:</u></p> <p>Refiere Martínez (2013), que es un porcentaje del conglomerado con similares características los que son definidos por peculiaridades similares, este concepto refiere que el porcentaje señalado es parte de la población.</p> <p>En esta investigación la muestra fue un tramo de 3 Km. De la carretera EMP. PE 18 - QUILCA - COCHAMARCA.</p> <p><u>MUESTREO</u></p> <p>No probabilístico del tipo Intencional.</p> <p><u>INSTRUMENTOS</u></p> <p>Ficha técnica.</p>
--	--	--	---	--	--	--

**Anexo 2: Matriz de Operacionalización de variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
V.I. Aplicación de la emulsión asfáltica	Técnicamente la mezcla asfáltica viene a estar compuesta por tres elementos siendo estos, asfalto, agua y el agente emulsivo, se ha visto que en algunas oportunidades se han hecho uso de aditivos de para darle una mejorar la prestancia, y de este modo mejorar la adherencia, control de rotura, entre otros. Así mismo este elemento garantiza un manejo sostenible con el ambiente. (Soengas, 2013).	Obtener resultados por medio de los cálculos y haciendo uso de los ensayos en los laboratorios correspondientes, asimismo se tiene presente el efecto que genera cada porcentaje de emulsión asfáltica en el suelo que se viene experimentando.	DENSIDAD MÁXIMA Y ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD.	ENSAYOS DE COMPACTACIÓN O PROCTOR	Ensayos de Laboratorio - NTP 339.127
			RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	Certificado de calidad
			RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	VOLUMEN DE PORCENTAJE UTILIZADO 2%, 4% Y 6%	Hojas de cálculo y estadísticas
V.D. estabilización de la Sub rasante	El mejoramiento de la sub rasante mediante la estabilización, es un proceso que altera la estructura del terreno o sub rasante por medio de procedimientos químico-físicos, de este modo se mejora las características del suelo en la etapa de la construcción, asimismo la incorporación de este elemento aporta propiedades mecánicas al suelo, generando mejoras en las características del terreno, y estas viéndose reflejadas en el pavimento diseñado. (Montejo,1997)	Determinar por intermedio de las prácticas y ensayos cuanto y como ha cambiado la estructura y propiedades del suelo por la incorporación del elemento denominado emulsión, asimismo se busca resolver cual es el porcentaje recomendable para el diseño adecuado.	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS	ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA	Ensayo de Laboratorio
				ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Ensayo Maquina los Ángeles
				ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	Ensayo Proctor Modificado
			DISEÑO ASSHTO 1993	MÉTODO DE DISEÑO ASSHTO 1993	Hojas de cálculo y conteo.
			IMDA ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL	ENCUESTAS DE CONTEO DE TRÁFICO	Hojas de cálculo y conteo.
CLASIFICACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULOS					
DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO SEGÚN LA OROGRAFÍA					

Anexo 3: **Instrumentos validados**

			c
<b>I. Información General :</b>			1
Ubicación :			
Urbanización :		Latitud :	
Distrito :		Altitud :	
Provincia :		Longitud :	
Región :			
<b>II. Características Geotécnicas :</b>			1
Peso Unitario (Ton/m3) :		Modulo de Young (Ton/m2) :	
Angulo de Fricción (grados) :			
Resistencia del Suelo (kg/cm2):			
<b>III. Parámetros Sísmicos :</b>			0
Sismicidad del suelo:			
Propiedades dinámicas del suelo (acelograma) :			
Zonificación:			
<b>IV. Deformaciones Permanentes del Suelo :</b>			1
Deslizamiento lateral (mm) :		Ancho del tramo (m) :	
Fallas superficiales(asentamientos y deformaciones) :			
Derrumbes (caída, derrumbes de material) :			
		Longitud del tramo (m) :	
<b>V. Tipos de Esfuerzos Aplicados:</b>			1
Cargas circundantes (ton):		Cargas de tráfico (ton):	
Cargas del terreno (ton):			
<b>VI. Tipos de Movimientos :</b>			1
Movimientos longitudinales (mm) :		Movimiento transversal vertical (mm) :	
Movimientos transversal horizontal (mm) :			
<b>VII. Características de Instalación :</b>			1
Tipo de relleno:		Nivel de compactación (%) :	
Tipo de tubería:			
Profundidad de entierro (m) :			
<b>APELLIDOS Y NOMBRE :</b>	Padilla Pichra Santos Ricardo		TOTAL
<b>PROFESIÓN :</b>	Ingeniero Civil		6
<b>REGISTRO CIP N°:</b>	51630		
<b>E-MAIL :</b>	spadilla@uvs.edu.pe		

  
 RICARDO PADILLA PICHRA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 51630

			RODOLFO MARGOS JIMENEZ MELQUIADES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 190079	°
<b>I.</b>	<b>Información General :</b>			<b>1</b>
	Ubicación :			
	Urbanización :		Latitud :	
	Distrito :		Altitud :	
	Provincia :		Longitud :	
	Región :			
<b>II.</b>	<b>Características Geotécnicas :</b>			<b>1</b>
	Peso Unitario (Ton/m3) :		Modulo de Young (Ton/m2) :	
	Angulo de Fricción (grados) :			
	Resistencia del Suelo (kg/cm2):			
<b>III.</b>	<b>Parámetros Sísmicos :</b>			<b>1</b>
	Sísmicidad del suelo:			
	Propiedades dinámicas del suelo (acelograma) :			
	Zonificación:			
<b>IV.</b>	<b>Deformaciones Permanentes del Suelo :</b>			<b>1</b>
	Deslizamiento lateral (mm) :		Ancho del tramo (m) :	
	Fallas superficiales(asentamientos y deformaciones) :		Pendiente del suelo (%):	
	Derrumbes (caída, derrumbes de material) :		Longitud del tramo (m) :	
<b>V.</b>	<b>Tipos de Esfuerzos Aplicados:</b>			<b>1</b>
	Cargas circundantes (ton):		Cargas de tráfico (ton):	
	Cargas del terreno (ton):			
<b>VI.</b>	<b>Tipos de Movimientos :</b>			<b>1</b>
	Movimientos longitudinales (mm) :		Movimiento transversal vertical (mm) :	
	Movimientos transversal horizontal (mm) :			
<b>VII.</b>	<b>Características de Instalación :</b>			<b>1</b>
	Tipo de relleno:		Nivel de compactación (%) :	
	Tipo de tubería:			
	Profundidad de entierro (m) :			
<b>APELLIDOS Y NOMBRE :</b>		Jimenez Melquiades Rodolfo M.		TOTAL
<b>PROFESIÓN :</b>		Ing. Civil		<b>7</b>
<b>REGISTRO CIP N° :</b>		190079		
<b>E-MAIL :</b>		rjimenez@4dingenieros.com.pe		

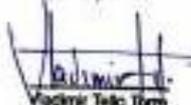
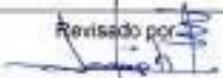
Anexo 4:

**Certificados de Equipos de Laboratorio**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCB-091-2018**

Peticionario	: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
Atención	: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
Lugar de calibración	: Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361- Jesús María - Lima
Tipo de equipo	: Prensa para ensayo CBR - MARSHALL
Marca	: TAMEQUIPOS LTDA
Número de serie	: 308-AH
Modelo	: TCP - 420
Capacidad máxima	: 5000 kgf
División de escala (d)	: 0,1 kgf
Procedimiento	: CHINA
Tipo	: Indicador Digital
Método de Calibración	: Procedimiento de calibración se realizó por el método descrito comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1/ISO 376 y PC-F-001, 2010.
Temp. (°C) y H.R. (%) inicial	: 24,3°C / 20%
Temp. (°C) y H.R. (%) final	: 24,3°C / 20%
Patrones de Referencia	: Trazabilidad se utilizaron patrones al SI calibrados en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Modelo SST503C, serie 120308A, y con Certificado N° INF-LE 128-12.
Número de páginas	: 2
Fecha de Calibración	: 2018-03-20

Este certificado de calibración solo se puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

	<b>Fecha</b>  2018-03-21	<b>Hecho por</b>  <b>Vladimir Tello Ibarra</b> <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	<b>Revisado por</b>  <b>JOSEPH ARNALDO ROMACHE ORMENO</b> <small>INGENIERO CIVIL Reg. O.P. N° 89948</small>
---	--------------------------------	--	---

### RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (Fi) %		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera	Exactitud		Repetibilidad		
%	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	a(%)	b(%)	U(%)	
10	500	505	505	505	505	-1.0	0.0	0.4	
20	1000	1009	1009	1009	1009	-0.9	0.0	0.3	
30	1500	1509	1509	1509	1509	-0.8	0.0	0.3	
40	2000	2007	2007	2007	2007	-0.3	0.0	0.3	
50	2500	2506	2506	2506	2506	-0.2	0.0	0.2	
60	3000	3004	3004	3004	3004	-0.1	0.0	0.2	
70	3500	3506	3506	3506	3506	-0.2	0.0	0.2	
80	4000	4005	4005	4005	4005	-0.1	0.0	0.2	
90	4500	4506	4506	4506	4506	-0.1	0.0	0.2	
100	5000	5005	5005	5005	5005	-0.1	0.0	0.2	
Lectura máquina en cero		0	0	0	—	0	0	Error máx. de cero(0)=0,00	

Temperatura promedio durante los ensayos: 24,3° C

Variación de temperatura en cada ensayo < 2° C

### EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los errores encontrados entre el 20% y el 100% del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

### Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre Expandida de medición que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

### Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****LM-023-2018**

Laboratorio de Masa

Pág. 1 de 3

**Expediente** 18023  
**Solicitante** CB INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**Dirección** AV. LOS PROCERES NRD. 1000 URB. CERCADO JUNIN - HUANCAYO - CHILCA  
**Instrumento de Medición** BALANZA NO AUTOMATICA  
**Marca (o Fabricante)** OHAUS  
**Modelo** V11P15T  
**Numero de Serie** 70913005  
**Procedencia** EEJU  
ENSAMBLADO EN CHINA  
**Tipo** Electronica  
**Identificación** No indica  
**Capacidad maxima** 15 kg  
**Division de escala (d) o resolucion** 0,002 kg  
**Div.verifc. De escala ( e )** 0,002 kg  
**Capacidad Minima** 0,04 kg  
**Clase de exactitud** II  
**Ubic. Del instrumento** instalaciones del solicitante  
**Lugar de Calibración** Laboratorio de Masa de KaizaCorp  
**Fecha de Calibración** 2018-02-10

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 validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

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

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001 del SNM - INDECOPI, Edición tercera.

**Trazabilidad**

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del SNM-INDECOPI.

**Patrones utilizados :**

LM-116-2012; LM-C-145-2012; LM-C-064-2012; LM-086-2012

**Sello****Fecha de emisión****Jefe del laboratorio de calibración**

2018-02-10

  
Ing. Vanessa Garra Tupia

TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE



P.O. Box 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: soiltest@eleusa.com  
Website: www.eleusa.com

Chartmoor Road, Chartwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
email: ele@eleint.co.uk  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM  
E-11

ISO 565  
3310-1

BS  
410

1266817

Sieve Serial Number

Anexo 5: **Ensayos de Laboratorio**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 300-2018  
 Investigador : Jaime Lasso Rojas Rosales  
 Nombre de la investigación : Aplicación de la emulsión asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, EMP. PE 18  
 Quilca - Cochabamba, Año 2017  
 Ubicación : Cochabamba - Oyes - Lima  
 Fecha de emisión : 02-11-18

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : C-1 Prog. 000+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

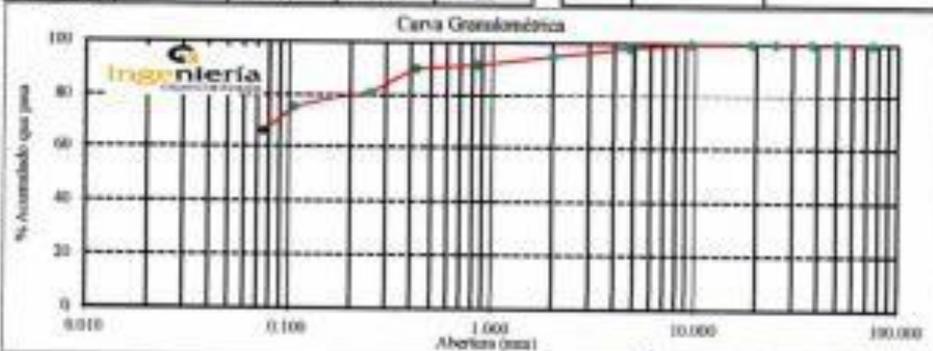
Coordenadas	
Norte	8782345.455
Este	278026.494
Cota (m)	1142.00

Método de Ensayo para el Análisis Granométrico N.T.P. 308.118				
Tamiz	Apertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3"	75.000	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº4	4.750	1.5	1.5	98.5
Nº10	2.000	3.3	4.8	95.2
Nº20	0.850	5.4	8.3	91.7
Nº40	0.425	1.6	9.9	90.1
Nº60	0.250	8.8	18.7	81.3
Nº140	0.106	6.3	25.0	75.0
Nº200	0.075	9.2	34.2	65.8
FONDO		65.8	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos N.T.P. 309.019	
Límite Líquido	38
Límite Plástico	27
Índice de Plasticidad	11

Fracción Granométrica		Contenido de Humedad N.T.P. 308.127	
% Grava	1.5	% (Secado)	9.8
% Arena	32.7		
% Fines	65.8		

Clasificación UCS N.T.P. 309.034		Clasificación AUSTRIO N.T.P. 309.038	
Símbolo	ME	A-6 (S)	
Número	1-uno-veinte		



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización (GUÍA PERUANA INDECOPI: CP-004-1993)

Rediseñado y revisado por el Ing. Oscar Alex Huamani Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

**Expediente N° :** 500-2018  
**Investigador :** Jaime Latorre Rojas Rosales  
**Nombre de la investigación :** Aplicación de la resina sintética en la estabilización de suelos en la carretera, EMP: PE 18  
 Quilín - Cochabamba, Año 2017  
**Ubicación :** Cochabamba - Oyma - Lima  
**Fecha de emisión :** 02-11-28

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700N-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

N.T.P. 339.141

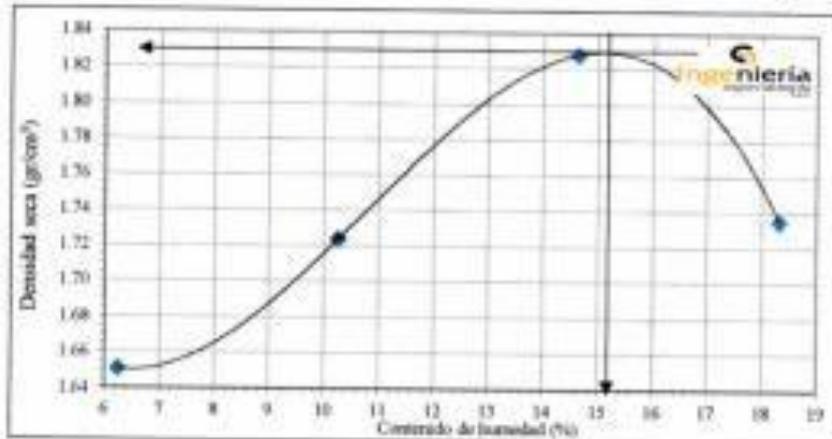
Método de ensayo Tipo "C"

**Coberto :** C-1 Pvag. 000+000  
**Muestra :** M-1  
**Profundidad (m) :** 1.50

Coordenadas	
Norte	8782343.416
Este	273026.494
Cota (m)	1142.00

**Máxima densidad seca :** 1.828 gr/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo contenido de humedad :** 15.1 %

% Contenido de humedad	6.25	10.27	14.63	18.32
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.651	1.724	1.828	1.735



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el perforador
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI-GP-004:1997)

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

**Expediente N° :** 500-2018  
**Investigador :** Javier Latorre Rojas Rosales  
**Nombre de la investigación :** Aplicación de la estabilización asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, EMP. PE. 18  
**Ubicación :** Ocuca - Cochabamba, Año 2017  
**Fecha de emisión :** 02-11-18

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**N.T.P. 339.175**

**Datos de la muestra:**  
**Calicata :** C-1 Prog. 000+000  
**Muestra :** M-1  
**Profundidad (m) :** 1.50

Coordenadas	
Norte	8782345.416
Este	273026.494
Cota (m)	1142

**a)- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**  
**Máxima densidad seca :** 1.828 g/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo Contenido de Humedad :** 15.1 %

**b)- Compactación de moldes**

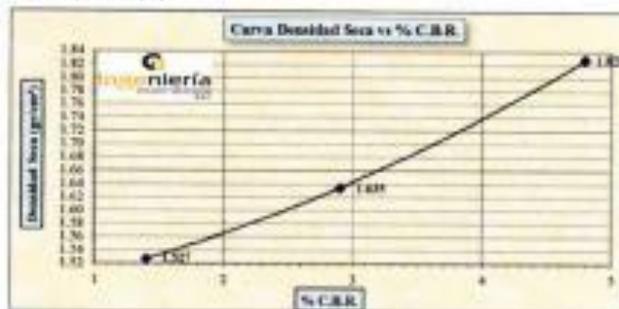
Molde N°	I	II	III
N° de capas	3	3	3
Número de golpes/capa	50	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.828	1.635	1.527
Contenido de Humedad (%)	15.2	15.1	15.0

**c)- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.30	48	1000	4.8
II	0.30	29	1000	2.9
III	0.30	14	1000	1.4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.8%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 3.9%

**d)- Expansión (%)** : 81



**NOTAS:**

- 1) Muestras e identificaciones realizadas por el peticionante.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización expresa del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI, GP/004/1993).

Rediseño y revisión por el Ing. Shamsun Salazar Oscar Alvarado



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 300-2018  
 Investigador : Juan Luis Rojas Rosales  
 Nombre de la investigación : Aplicación de la ensalada asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, EMP. PE 18  
 Ubicación : Quilca - Cuzco, Año 2017  
 Ubicación : Cochabamba - Oyo - Lima  
 Fecha de entrega : 02-11-18

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : C-2 Prog. 001+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

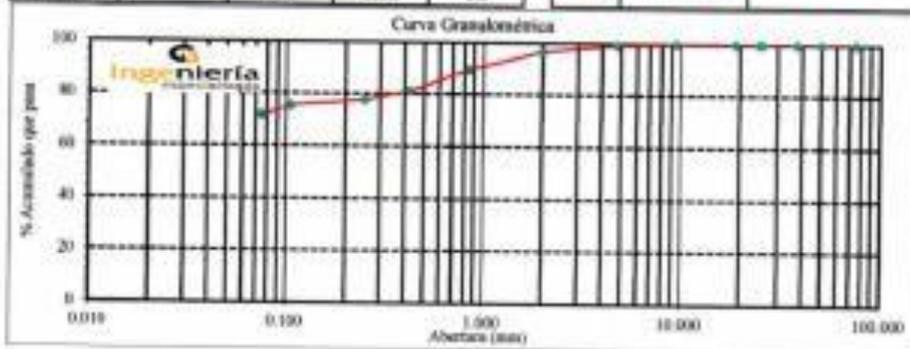
Cocodómetros	
Norte	-578,3014,320
Este	272,909,231
Cota (m)	2220.00

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico N.T.F. 309.126				
Tamaño	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3"	75.000	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1.10"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº4	4.750	0.6	0.6	99.4
Nº10	2.000	2.6	3.2	96.8
Nº20	0.850	7.1	10.3	89.7
Nº40	0.425	8.3	18.6	81.4
Nº60	0.250	1.6	22.2	77.8
Nº140	0.106	3.4	24.6	75.4
Nº200	0.075	3.6	28.2	71.8
FUNDO		71.8	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos N.T.F. 309.129	
Límite Líquido	37
Límite Plástico	25
Índice de Plasticidad	12

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad N.T.F. 309.127	
% Grava	0.6	% Humedad	11.3
% Arena	27.6		
% Fines	71.8		

Clasificación SOCS N.T.F. 308.134		Clasificación AASTHO N.T.F. 308.135	
Símbolo	ML	A-6 (E)	
Nombre	Limo en arena		



**NOTAS:**  
 1) Muestras e identificación realizadas por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización expresa del Laboratorio, salvo por la reproducción con su totalidad (LEY PERUANA INDECOPI- GP-904-1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alan (Huamán) Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 500-2018  
 Investigador : Jaime Luis Rojas Rosales  
 Nombre de la investigación : Aplicación de la energía asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, UMP IV 18  
 Ubicación : Quilón - Cochabamba, Año 2017  
 Fecha de emisión : 02-11-18

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**

**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

**N.T.P. 339.141**

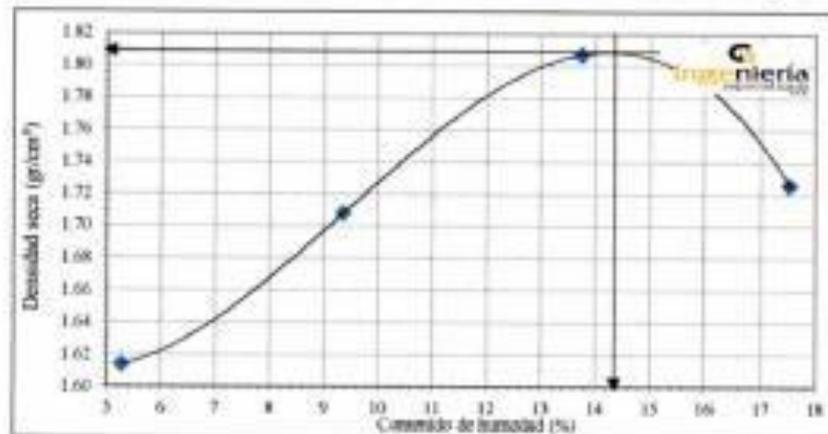
**Método de ensayo Tipo "C"**

Calicata : C-2 Prog. 001+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Coordenadas	
Norte	8783014.326
Este	272909.231
Cota (m)	1220.00

Máxima densidad seca : 1.828 gr/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 14.4 %

% Contenido de humedad	5.27	9.36	13.74	17.52
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.614	1.708	1.807	1.726



**NOTAS:**

- 1) Muestras e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI GP-004-1993).

Realizado y revisado por el Ing. Juanmi Salazar Oros Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 104.2018  
 Investigador : Javier Castro Rojas Escobar  
 Nombre de la investigación : Adhesivos de la estructura asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, E04F, TC, H  
 Ubicación : Oñaña - Cotacachi, Azuay, 2017  
 Fecha de emisión : 02-11-18

**Método de Ensayo Normalizado de Siga para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**N.T.F. 320.178**

**Datos de la muestra:**  
 Calicane : C-1 Prog. 001 +000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 0.30

Coordenadas	
Norte	878604.20
Este	272661.20
Altura (m)	1220

**4.1. Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.F. 320.148**  
 Máxima densidad seca : 1.62 g/cm<sup>3</sup>  
 Optimo Contenido de Humedad : 14.4 %

**4.2. Compactación de in situ**

Muestra N°	1	2	3
N° de golpes	1	2	3
Índice de golpes/cm <sup>2</sup>	50	25	33
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.528	1.540	1.521
Contenido de Humedad (%)	12.7	12.9	12.3

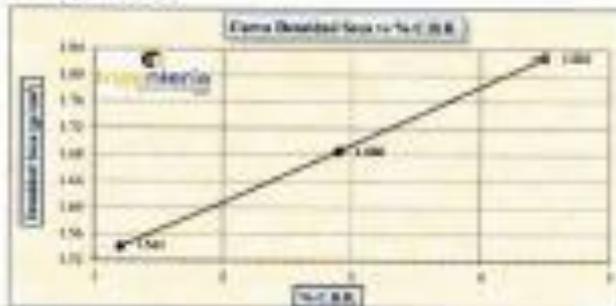
**4.3. Cuadro C.B.R. Para 6.10 pulgadas de penetración**

Muestra N°	Fuerza (kgf)	Presión Aplicada (kgf/cm <sup>2</sup> )	Presión Resistida (kgf/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
1	310	41	1000	4.1
2	310	41	1000	4.4
3	310	41	1000	4.2

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S : 4.0%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S : 4.0%

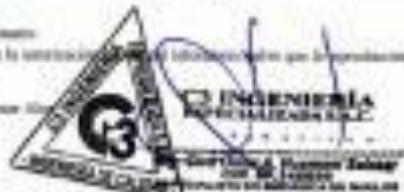
**4.4. Expansión (%)** : 0



**NOTAS:**

- 1) Muestreo o identificación errónea por el personal.
- 2) El presente documento no define el procedimiento de la estabilización de suelos, sino que la metodología que se emplea en su estudio (CITEA PROGRAMA DECOMIOP 02/004, 1997).

Elaborado y revisado por el Ing. Humberto Vilcaza Escobar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

**Expediente N°** : 300-2018  
**Investigador** : Jaime Loren Rojas Rosales  
**Número de la investigación** : Aplicación de la ensaña artificial en la estabilización de suelos en la carretera, EMP. PE 18  
 Qalca - Cochabamba, ASo 2017  
**Ubicación** : Cochabamba - Oyoa - Lima  
**Fecha de emisión** : 02-11-18

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**Calicata** : C-3 Prog. 002+000  
**Muestra** : M-3  
**Profundidad (m)** : 1.50

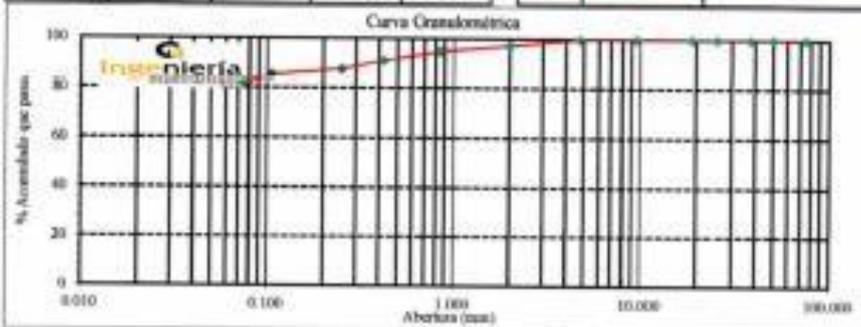
Coordenadas	
Norte	8783344.585
Este	272508.793
Cota (m)	1268.00

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico N.T.P. 309.128				
Tamaño	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que Pasa
3"	75.000	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº4	4.750	0.1	0.1	99.9
Nº10	2.000	2.6	2.7	97.3
Nº20	0.850	2.4	5.1	94.9
Nº40	0.425	3.7	8.8	91.3
Nº60	0.250	3.6	12.3	87.7
Nº100	0.150	2.4	14.7	85.3
Nº200	0.075	3.6	18.3	81.7
FOFDO		81.7	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos N.T.P. 309.129	
Límite Líquido	39
Límite Plástico	23
Índice de Plasticidad	16

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad N.T.P. 309.127	
% Grava	0.1	% Humedad	16.3
% Arena	18.2		
% Fines	81.7		

Clasificación MECV N.T.P. 309.134		Clasificación ASTM D N.T.P. 309.135	
Símbolo	CL	A-7.5 (13)	
Número	Anillo de tipo plastilina con arena		



**NOTAS:**  
 1) Muestreo e identificación cualitativa por el petricionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización expresa del laboratorio, así como la reproducción suya en su totalidad (GUÍA PERUANA INDICOPY GP 004 - 1993).  
 Rediseño y revisión por el Ing. César Alex Huamán Solís



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

**Expediente N°** : 505-2018  
**Investigador** : Jaime Luis Rojas Rosales  
**Nombre de la investigación** : Aplicación de la emulsión asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, ISEP PE 18  
 Quito - Cochabamba, Año 2017  
**Ubicación** : Cochabamba - Oym - Lima  
**Fecha de emisión** : 02-11-18

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

N.T.P. 339.141

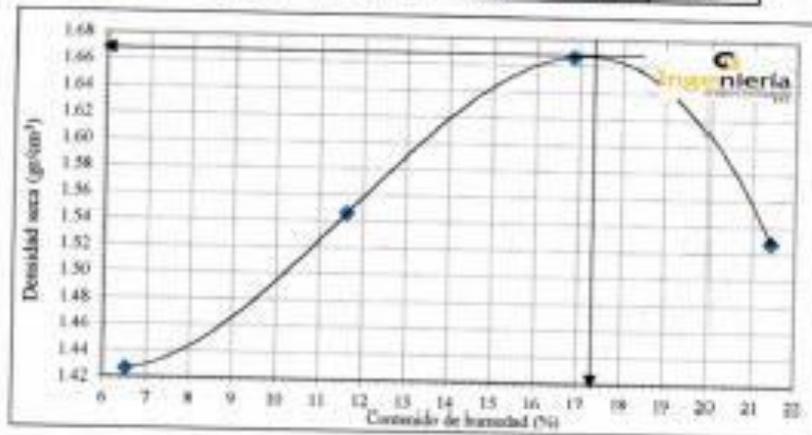
Método de ensayo Tipo "C"

**Cálculo** : C-3 Prog. 002+000  
**Muestra** : M-1  
**Profundidad (m)** : 1.30

Coordenadas	
Norte	8783344.585
Este	272308.733
Elev (m)	1268.00

**Máxima densidad seca** : 1.668 gr/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo contenido de humedad** : 17.4 %

% Contenido de humedad	6.52	11.63	16.85	21.43
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.427	1.546	1.667	1.528



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el petionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDICOPE: GP-004-1993)

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 300-2018  
 Investigada : Jaime Luis Rojas Rosales  
 Nombre de la investigación : Aplicación de la estadística asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, EMP. PE. 18  
 Qulca - Cochabamba, Año 2017  
 Ubicación : Cochabamba - Oyon - Lata  
 Fecha de emisión : 02-11-18

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.  
(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelo)  
N.T.P. 339.175**

**Datos de la muestra:**

Calicata : C-3 Prog. 002+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Coordenadas	
Norte	8783344.585
Este	272508.793
Cota (m)	1268

**a)- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 309.141**

Máxima densidad seca : 1.568 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 17.4 %

**b)- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	2	2
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.568	1.524	1.417
Contenido de Humedad (%)	17.5	17.4	17.5

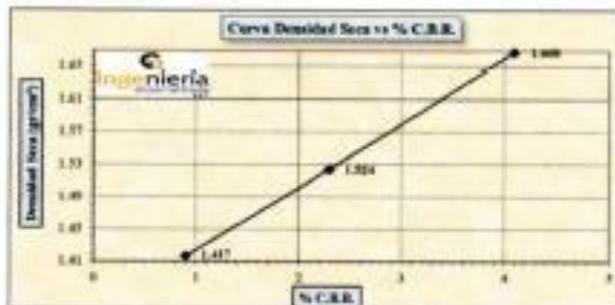
**c)- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	41	1000	4.1
II	0.10	23	1000	2.3
III	0.10	9	1000	0.9

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.1%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 3.2%

d)- Expansión (%) : 51



**NOTAS:**

- 1) Muestras e identificaciones realizadas por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, sobre su reproducción sea en su totalidad (LEY PERUANA INDECOPF GP 004: 1997).

Realizado y revisado por el Ing. Humberto Salazar Oyarce



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 500-2018  
 Investigador : Jaime Luis Rojas Rosales  
 Nombre de la investigación : Aplicación de la prueba estática en la estabilización de suelos en la carretera, EMP. PE 18  
 Ubicación : Quílica - Cochamarca, Año 2017  
 Fecha de ensayo : 02-11-18

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calzeta : C-4 Prog. 005+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

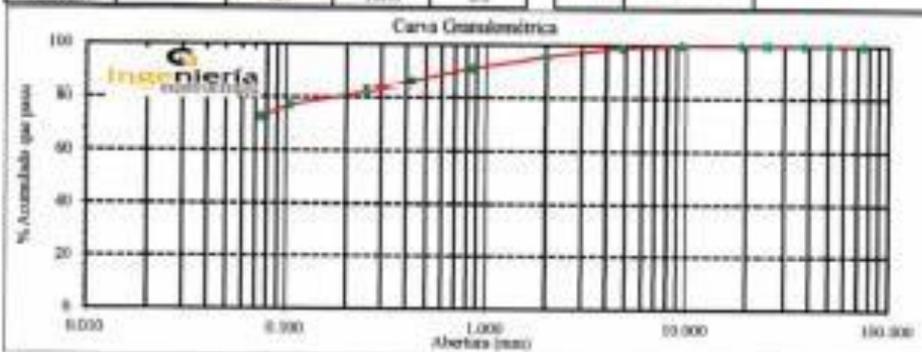
Coordenadas	
Norte	8784285.722
Este	272316.952
Cota (m)	1358.00

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico S.T.P. 309.118				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que Pasa
5"	75.000	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº4	4.750	0.9	0.9	99.1
Nº10	2.000	3.4	4.3	95.7
Nº20	0.850	4.6	8.9	91.1
Nº40	0.425	5.1	14.0	86.0
Nº60	0.250	5.5	17.5	82.5
Nº100	0.150	5.1	22.7	77.3
Nº200	0.075	4.6	27.3	72.7
TONDO		72.7	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos S.T.P. 309.129	
Límite Líquido	34
Límite Plástico	25
Índice de Plasticidad	9

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad S.T.P. 309.127	
% Grava	0.9	% Humedad	12.7
% Arena	25.4		
% Fines	72.7		

Clasificación UCCS S.T.P. 309.134		Clasificación AASTHO S.T.P. 309.135	
Símbolo	ML	A-6 (G)	
Nombre	Suelo arcilloso		



**NOTAS:**

- 1) Muestras e identificaciones realizadas por el petecionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización expresa de la entidad laborante, salvo que la reproducción sea en su totalidad.

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alan Huamani Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 500-2018  
 Investigador : Jaime Lizaso Rojas Rosales  
 Nombre de la investigación : Aplicación de la analítica asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, EMBP. PE 18  
 Quito - Cochabamba, Año 2017  
 Ubicación : Cochabamba - Otyas - Lima  
 Fecha de emisión : 02-11-18

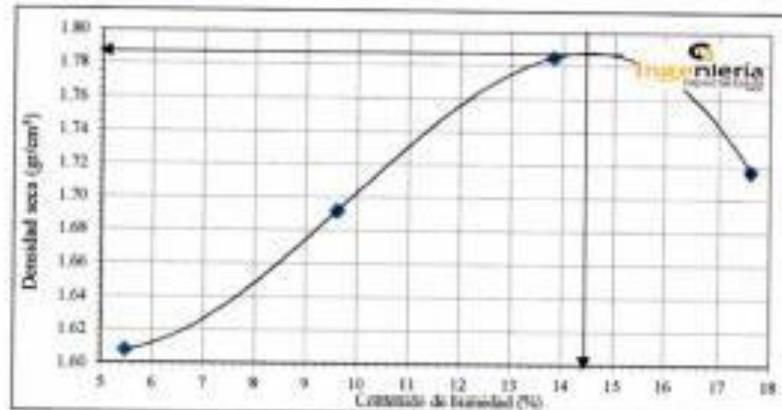
**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pe<sup>3</sup>))**  
**N.T.P. 339.141**  
**Método de ensayo Tipo "C"**

Calicata : C-4 Prog. 003+000  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.30

Coordenadas	
Norte	8784286.722
Este	272916.952
Cota (m)	1358.00

Máxima densidad seca : 1.788 gr/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 14.5 %

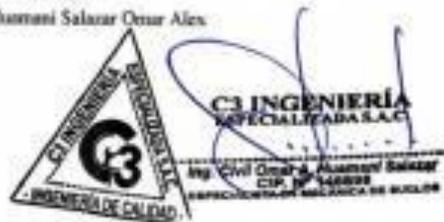
% Contenido de humedad	5.47	9.61	11.82	17.63
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.608	1.692	1.788	1.717



**NOTAS:**

- 1) Muestras e identificaciones realizadas por el personal de campo.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (LEY PERUANA INDECOPI: GP004-1995).

Realizado y revisado por el Ing. **Huamani Salazar Oscar Ailes**



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

**Expediente N° :** 300-2018  
**Investigador :** Jaime Latorre Rojas Rosales  
**Nombre de la investigación :** Aplicación de la erosión artificial en la estabilización de suelos en la carretera, EMP. PE 18  
 Quilca - Cochabamba, Año 2017  
**Ubicación :** Cochabamba - Oroya - Lima  
**Fecha de emisión :** 02-11-18

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**N.T.P. 309.175**

**Datos de la muestra:**  
**Calicazo :** C-4 Prog. 003+000  
**Muestra :** M-1  
**Profundidad (m) :** 1.50

Coordenadas	
Norte	8784286.722
Este	272156.932
Coord. (m)	1358

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 309.141**  
**Máxima densidad seca :** 1.788 g/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo Contenido de Humedad :** 14.5 %

**b).- Compactación de moldes**

Módulo N°	I	II	III
N° de capas	5	3	3
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.788	1.647	1.525
Contenido de Humedad (%)	14.5	14.5	14.4

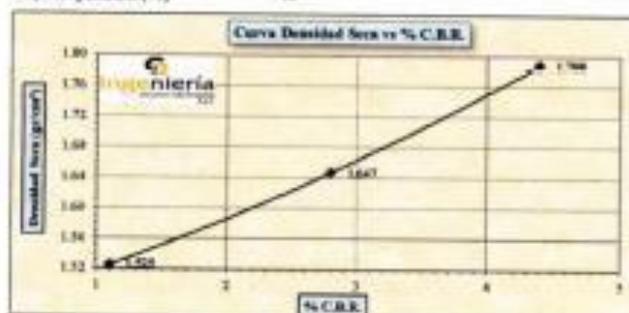
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Módulo N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Permitida (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	84	1000	4.4
II	0.10	28	1000	2.8
III	0.10	11	1000	1.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 4.4%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 3.6%

**d).- Expansión (%) :** SI



**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización (GUÍA PERUANA INDECOPI-GP-064-1995)

Revisado y revisado por el Ing. Giovanni Salazar Omar Alca



Anexo 6: **Certificado de Laboratorio Incorporando el 2% de emulsión asfáltica.**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 150-2018  
 Investigador : Juan Luis Rojas Romales  
 Nombre de la investigación : Aplicación de la técnica analítica en la estabilización de suelos en la carretera, EMP, PE 18  
 Quito - Cochabamba, Año 2017  
 Ubicación : Cochabamba - Oyo - Lima  
 Fecha de emisión : 24-11-18

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Combinación : C-3 Prog. 002-000 +2% Emulsión Aniónica Rotura Lenta Caa-Ibg  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

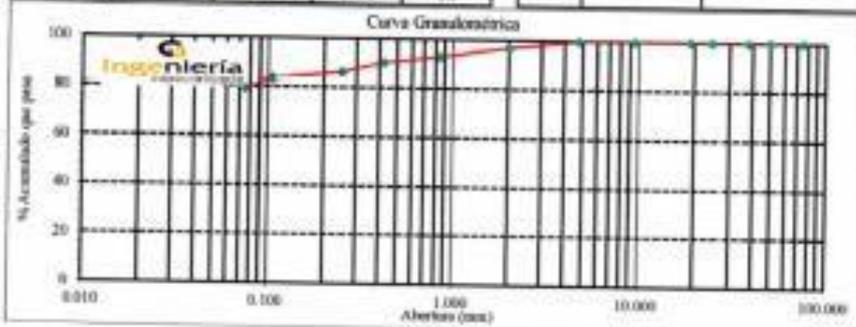
Coordenadas	
Norte	8783144.585
Este	272508.793
Cota (m)	1268.90

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico N.T.P. 309.128				
Tamiz	Apertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que Pasa
3"	75.000	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº4	4.750	0.1	0.1	99.9
Nº10	2.000	2.9	3.0	97.0
Nº20	0.850	4.1	7.0	95.9
Nº40	0.425	2.7	9.7	90.3
Nº80	0.250	4.1	13.8	86.2
Nº140	0.106	2.7	16.5	83.5
Nº200	0.075	4.1	20.5	79.5
FONDO		76.5	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos N.T.P. 309.129	
Límite Líquido	37
Límite Plástico	25
Índice de Plasticidad	12

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad N.T.P. 309.127	
% Grava	0.1	% Humedad	12.4
% Arena	20.5		
% Fines	79.5		

Clasificación AUCS N.T.P. 309.134		Clasificación AASTHO N.T.P. 309.135	
Símbolo	CL	A-7-5 (10)	
Nombre	Arcilla de baja plasticidad con arena		



**NOTAS:**

- 1) Muestra o identificación realizados por el solicitante.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI GP-004, 1997).

Realizado y revisado por el Ing. César Alex Huamán Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

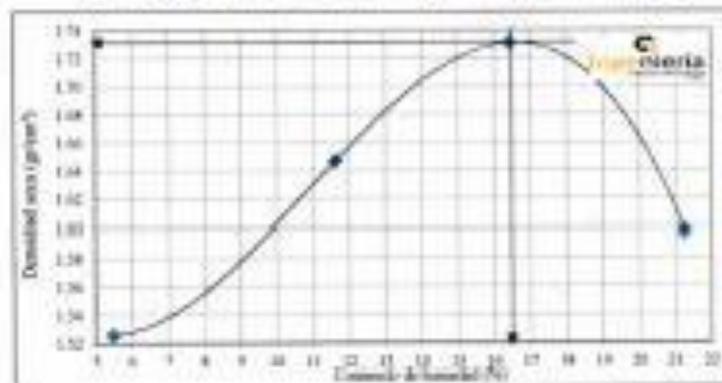
Expediente N°: 150-2018  
 Investigador: María Lorena Rojas Escobar  
 Nombre de la investigación: Aplicación de la mecánica sónica en la compactación de suelos en la carretera, EMB-101-18  
 Quito - Carchi, Año 2017  
 Ubicación: Cumbusuma - Otari - Lince  
 Fecha de emisión: 26-11-18

**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en Laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(1,700kN-m/m<sup>2</sup> (56,000 psi-ft<sup>2</sup>))**  
**S.T.P. 339.141**  
**Método de ensayo Tipo "A"**

Composición: C-1 (Frag. 80/100 + 7% Fineses) - Áridos Extra Lenta Cero-Tip  
 Muestra: M-1  
 Probabilidad (%): 1.30  
 Máxima densidad seca: 1.717 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad: 16.7 %

Características	
Estado	8791344.385
Edad	272.508 (70)
Costo (USD)	1200.00

% Contenido de humedad	5.46	11.63	14.41	20.24
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.536	1.647	1.706	1.698



**NOTAS**

- 1- Muestra a constituirse realizando por el procedimiento
  - 2- El presente documento no debe reproducirse en la totalidad o partes del mismo, salvo que lo reproduzca con su autorización.
- GUÍA PROPIETARIA DE C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.S.  
 Reducido y aprobado por el Ing. Humberto Salazar Orosco Alas.



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 550-2018  
 Investigador : Jaime Latorre Rojas Rosales  
 Nombre de la investigación : Aplicación de la revisión sísmica en la estabilización de suelos en la carretera, EMP. PE 18  
 Quito - Cochabamba, Año 2017  
 Ubicación : Cochabamba - Orco - Liza  
 Fecha de emisión : 24-11-18

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
 N.T.P. 339.175

**Datos de la muestra:**

Combinación : C-3 Prog. 002+000 +2% Emulsión Asfáltica Rotura Lenta Cas-1hp  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Coordenadas	
Norte	878344.581
Este	272508.791
Cota (m)	1268

**a)- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.727 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 16.5 %

**b)- Comparación de moldes**

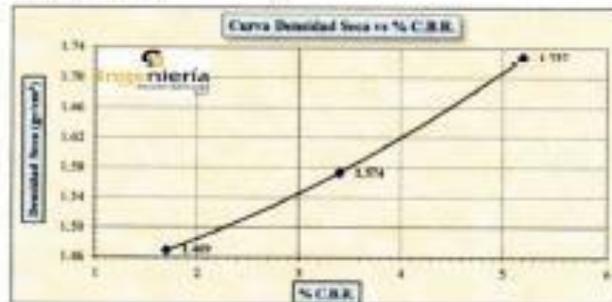
Módulo N°	I	II	III
N° de capas	5	3	3
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.727	1.574	1.469
Contenido de Humedad (%)	16.6	16.5	16.6

**c)- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Módulo N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/psi) <sup>2</sup>	Presión Pasada (lb/psi) <sup>2</sup>	C.B.R. (%)
I	0.10	42	1000	3.2
II	0.10	34	1000	3.8
III	0.10	17	1000	1.7

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 3.2%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 4.3%

**d)- Expansión (%)** : 81



**NOTAS:**

- 1) Muestras e identificaciones realizadas por el petricionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización de Ingeniería Especializada S.A.S., salvo que la reproducción sea en su totalidad. (LEY PERUANA INDECOPI GP 004, 1995).

Realizado y revisado por el Ing. Humberto Salazar Cruz Alvarado



Anexo 7: **Certificado de Laboratorio Incorporando el 4% de emulsión asfáltica.**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 550-2018  
 Investigador : Jaime Latorre Rojas Escobedo  
 Nombre de la investigación : Aplicación de la estabilización asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, EMP. PE 18  
 Ubicación : Quilca - Cochamarca, Año 2017  
 Fecha de emisión : 24-11-18

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Combinación : C-3 Prog. 002+000 +4% Emulsión Asfáltica Rotura Lenta Cas-1hg  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

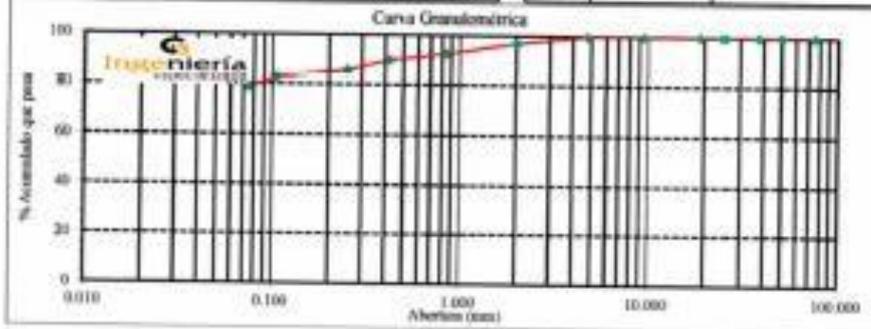
Coordenadas	
Norte	8783344.583
Este	272508.793
Cota (m)	1268.00

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico N.T.P. 309.128				
Tamaño	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3"	75.000	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº4	4.750	0.1	0.1	99.9
Nº10	2.000	3.0	3.1	96.9
Nº20	0.850	4.2	7.2	95.8
Nº40	0.425	2.8	10.0	89.9
Nº60	0.250	4.2	14.2	85.8
Nº100	0.150	2.8	16.9	83.1
Nº200	0.075	4.2	21.1	78.9
FONDO		78.9	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos N.T.P. 309.129	
Límite Líquido	30
Límite Plástico	20
Índice de Plasticidad	10

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad N.T.P. 309.127	
% Grava	0.1	% Humedad	11.7
% Arena	21.0		
% Fines	78.9		

Clasificación MECN N.T.P. 309.134		Clasificación AASTHO N.T.P. 309.138	
Símbolo	CL	A-7.5 (R)	
Nombre	arcilla de baja plasticidad con arena		



**NOTAS:**

- 1) Muestra e identificación realizados por el peritomanista
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización expresa del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (LEY PERUANA INDECOPI 01-084 1997)

Realizado y revisado por el Ing. César Alex Huamantli Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 550-2018  
 Investigador : Jaime Luis Rojas Rosales  
 Nombre de la investigación : Aplicación de la ensalada asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, EMBP. PE. 18  
 QUILCA - Cochamarca, Año 2017  
 Ubicación : Cochamarca - Oym - Lima  
 Fecha de emisión : 24-11-18

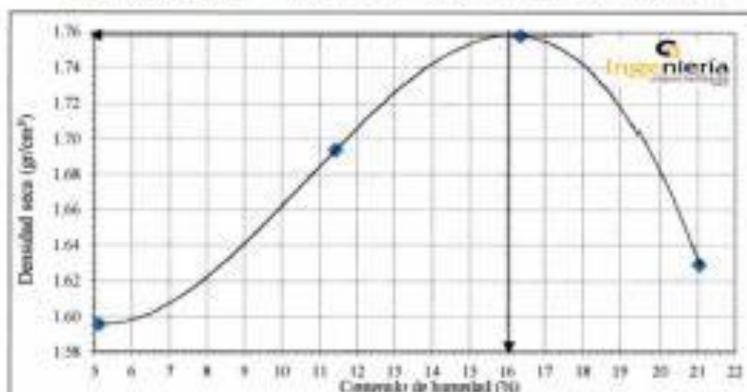
**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**  
**N.T.P. 339.141**  
**Método de ensayo Tipo "C"**

Carretera : C-3 Prog. 002+000 +04 Ensalada Asfáltica Rotura Leanta Coo-Ilip  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Coordenadas	
Norte	8785344.585
Este	272508.793
Cota (m)	1268.00

Máxima densidad seca : 1.757 gr/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 16.1 %

% Contenido de humedad	5.32	11.43	16.35	21.04
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.596	1.694	1.758	1.629



**NOTAS:**

- 1) Muestras e identificaciones realizadas por el peticionario.
  - 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI-GP-004-1993).
- Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

**Expediente N° :** 150-2018  
**Investigador :** Juan Luis Rojas Rosales  
**Nombre de la investigación :** Aplicación de la erodión artificial en la estabilización de suelos en la carretera, E.M.P. PU 18  
 Quito - Cochabamba, Año 2017  
**Ubicación :** Cochabamba - Oyon - Janin  
**Fecha de ensayo :** 24-11-18

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.**  
**(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)**  
**N.T.F. 309.175**

**Datos de la muestra:**

**Combinación :** C-3 Prog. 002+000 +4% Emulsión Aniónica Rosara Lanta Cas-1hp  
**Muestra :** M-1  
**Profundidad (m) :** 1.50

Coordenadas	
Norte	8783344.585
Este	272298.701
Cota (m)	1268

**a).- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.F. 309.141**

**Máxima densidad seca :** 1.797 g/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo Contenido de Humedad :** 16.1 %

**b).- Compactación de moldes**

Moldo N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.797	1.648	1.555
Contenido de Humedad (%)	16.2	16.1	16.0

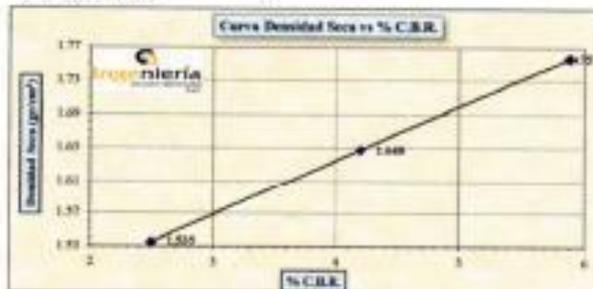
**c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración**

Moldo N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.10	34	1000	5.9
II	0.10	42	1000	4.2
III	0.10	25	1000	2.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 3.9%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 4.6%

**d).- Expansión (%) :** SI



**NOTAS:**

- 1) Muestras e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización expresa de la entidad que lo autorizó, salvo que la reproducción sea en su totalidad. (LEY PERUANA INDECOPY GP/004/1995).

Rediseño y revisión por el Ing. Juan Luis Rojas Rosales



**Anexo 8: Certificado de Laboratorio Incorporando el 6% de emulsión asfáltica.**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

**Expediente N° :** 036-2018  
**Investigador :** Jaime Lizaso Rojas Huamán  
**Nombre de la investigación :** Aplicación de la emulsión asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, EMP. PE 18  
 Qulca - Cochabamba, Año 2017  
**Ubicación :** Cochabamba - Oyoa - Lima  
**Fecha de ensayo :** 24-11-18

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**Combinación :** C-3 Prog. 002+000 +6% Emulsión Asfáltica Rotura Lenta Cas-1hg  
**Matriz :** M-1  
**Profundidad (m) :** 1.50

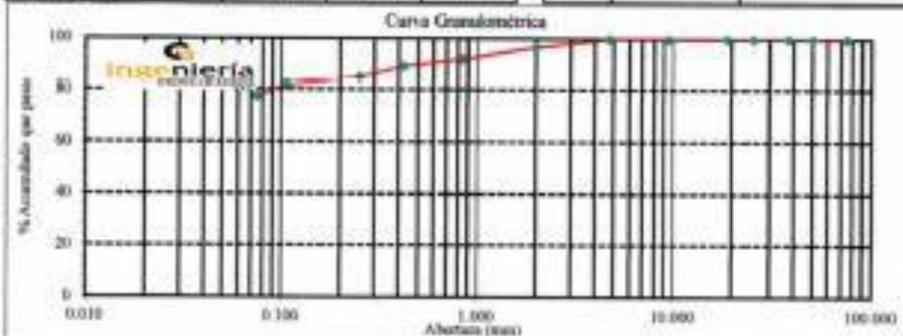
Coordenadas	
Norte	8781344.585
Este	272508.763
Cota (m)	1268.00

Método de Ensayo para el Análisis Granométrico N.T.P. 109.126				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3"	75.000	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº4	4.750	0.0	0.0	100.0
Nº10	2.000	3.2	3.2	96.8
Nº20	0.850	4.4	7.6	92.4
Nº40	0.425	5.0	10.6	89.4
Nº60	0.250	4.4	15.0	85.0
Nº100	0.150	3.0	18.0	82.0
Nº200	0.075	4.4	22.4	77.6
(FINO)		77.6	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos N.T.P. 109.129	
Límite Líquido	34
Límite Plástico	27
Índice de Plasticidad	7

Fracciones Granométricas		Contenido de Humedad N.T.P. 109.127	
% Grava	0.0	% Humedad	11.2
% Arena	22.4		
% Fines	77.6		

Clasificación UCS N.T.P. 109.134		Clasificación AASTHO N.T.P. 109.135	
Símbolo	CL	A-7-5 (S)	
Nombre	Arcilla de baja plasticidad con arena		



**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el perceptor.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización expresa del autor, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI. 01-004. 1997).

Realizado y revisado por el Ing. Oscar Alex Huamán Salazar



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

**Expediente N° :** 330-2018  
**Investigador :** Jaime Luis Rojas Rosales  
**Nombre de la investigación :** Aplicación de la emulsión asfáltica en la estabilización de suelos en la carretera, IEMP PE 18  
**Ubicación :** Quilca - Cochabamba, Año 2017  
**Fecha de emisión :** 24-11-18

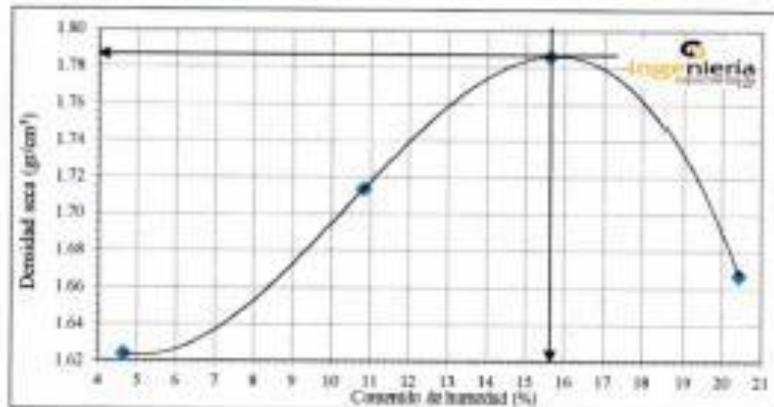
**Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada**  
**(2,700kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lb/pe<sup>3</sup>))**  
**N.T.P. 339.141**  
**Método de ensayo Tipo "C"**

**Combinación :** C-3 Prog. 002+000 +6% Emulsión Asfáltica Rotura Lenta Cse-1kg  
**Muestra :** M-1  
**Profundidad (m) :** 1.50

Coordenadas	
North	8783344.985
East	272508.793
Uota (m)	1268.00

**Máxima densidad seca :** 1.786 g/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo contenido de humedad :** 15.6 %

% Contenido de humedad	4.65	10.84	15.62	20.43
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.624	1.714	1.786	1.667



**NOTAS:**

- 1) Muestra e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI GP 004-1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 150-2018  
 Investigador : Jaime Luis Rojas Rosales  
 Nombre de la investigación : Aplicación de la emisión acústica en la estabilización de suelos en la carretera, EMP. PU. 18  
 Queda - Cochabamba, Año 2017  
 Ubicación : Cochabamba - Oruro - Lima  
 Fecha de ensayo : 24-11-18

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.  
 (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)  
 N.T.P. 339.175**

**Datos de la muestra:**

Combinación : C-3 Prog. 002+000 +0% Emulsión Asfalto Rotura Lenta Cas-IIIp  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1,50

Coordenadas	
Norte	8703344.385
Este	272568.791
Cota (m)	1268

**a)- Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141**

Máxima densidad seca : 1.786 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 13,6 %

**b)- Compactación de moldes**

Molde N°	I	II	III
N° de golpes	3	5	5
Número de golpes/tapa	50	25	10
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.786	1.698	1.5147
Contenido de Humedad (%)	13,7	15,6	13,5

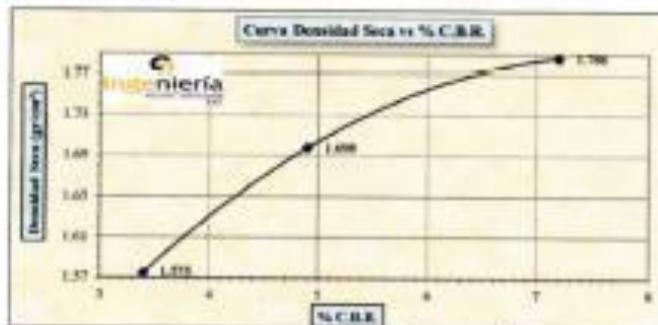
**c)- Cuadro C.B.R. Para 0,10 pulgada de penetración**

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg <sup>2</sup> )	Presión Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0,10	72	1000	7,2
II	0,10	49	1000	4,9
III	0,10	34	1000	3,4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 7,2%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 5,8%

**d)- Expansión (%) : SI**



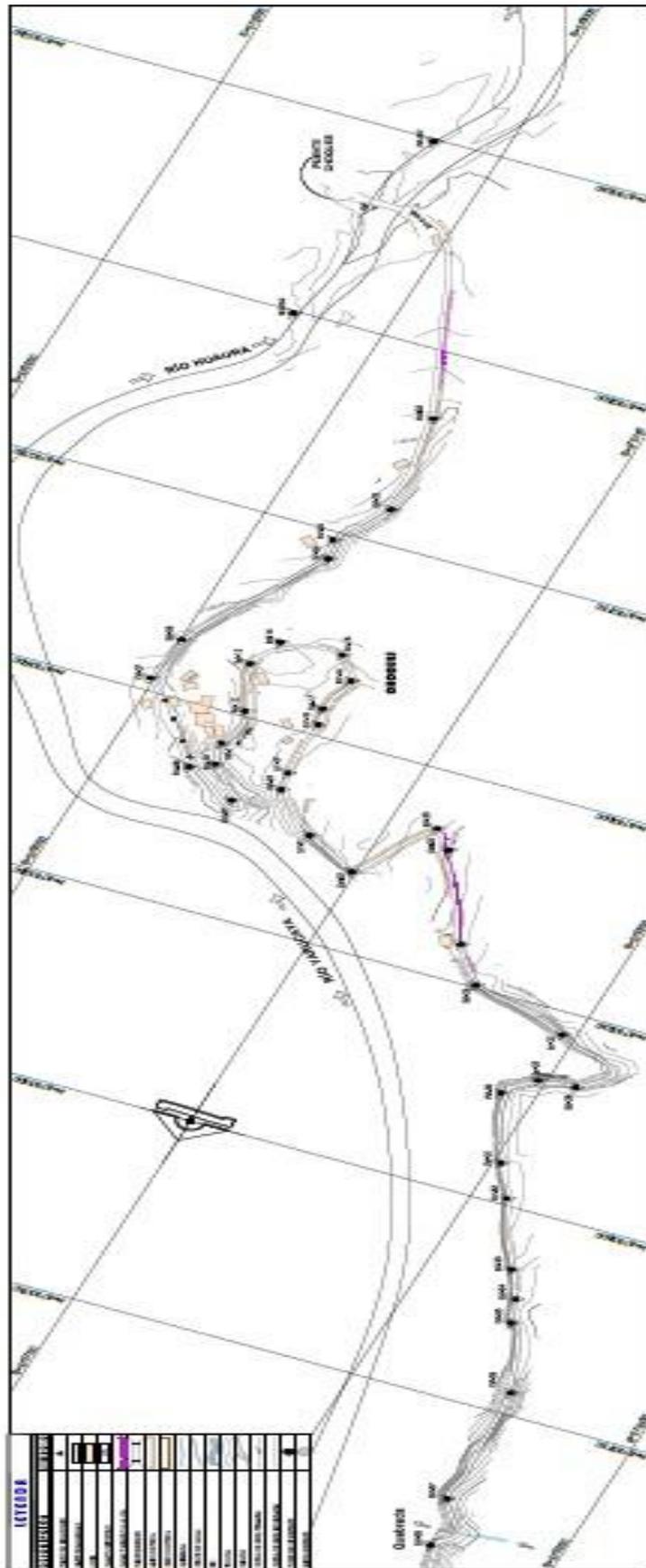
**NOTAS:**

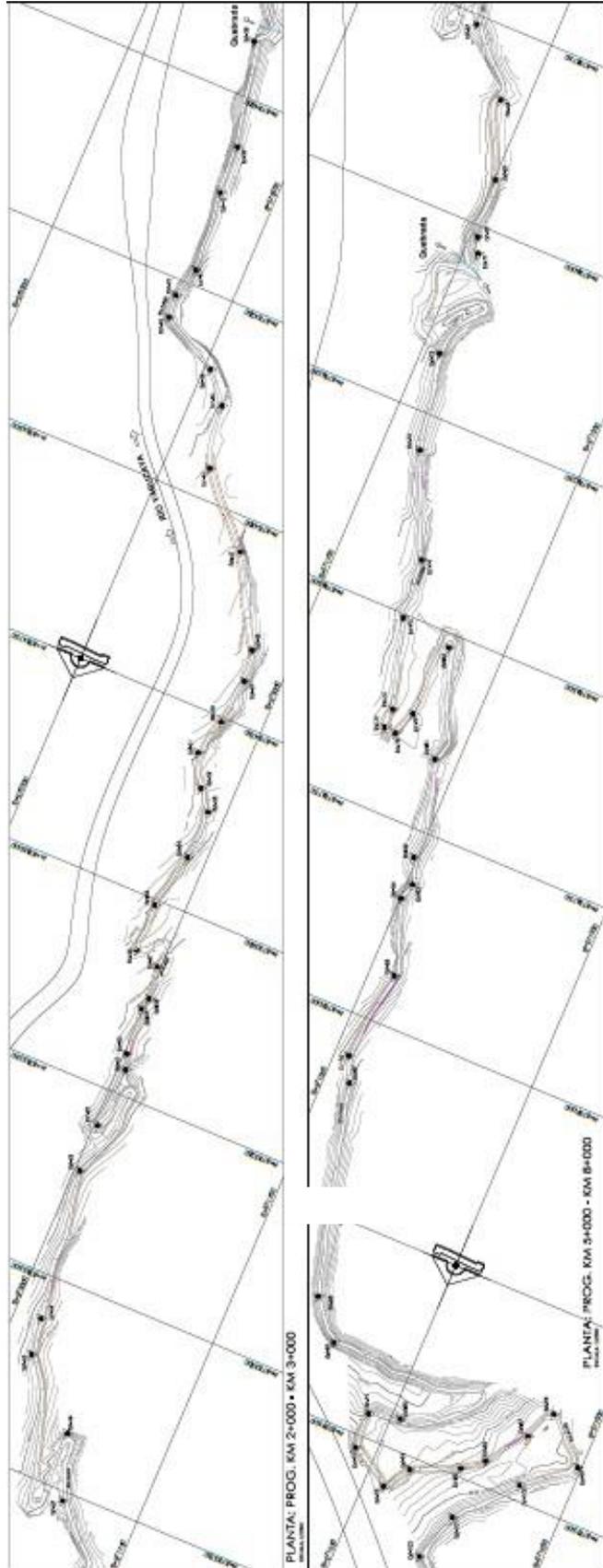
- 1) Muestra e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse en la totalidad del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPT. GP-064-1993)

Realizado y revisado por el Ing. Shamsul Salazar Orosco



Anexo 9: **Planos**





Anexo 10: **Registros fotográficos**



Se dio inicio con los trabajos de Topografía



Se realizó la CALICATA N°1, en la Prog. KM 00+000(Profundidad 1.5m)



Se realizó la CALICATA N°2, en la Prog. KM 01+000 (Profundidad 1.5m)



Se realizó la CALICATA N°3, en la Prog. KM 02+000 (Profundidad 1.5m)

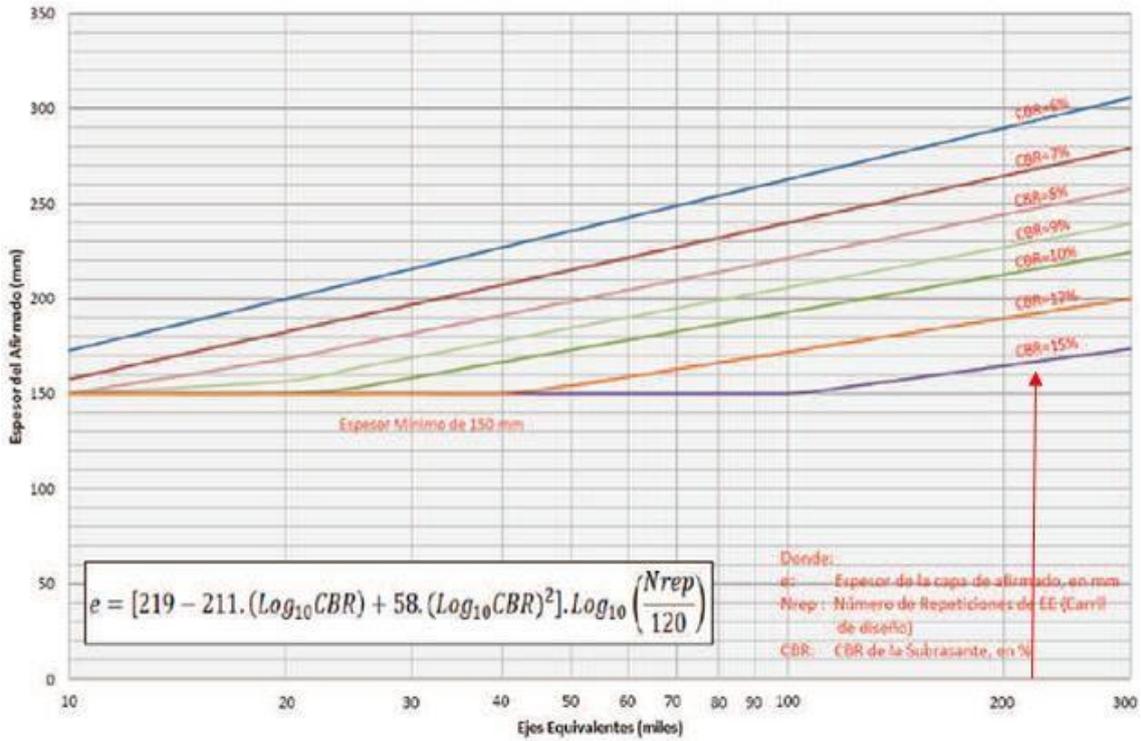


Se realizó la CALICATA N°4, en la Prog. KM 01+000 (Profundidad 1.5m)



Se realizó las pruebas de Laboratorio, ensayo de CBR en las muestras.

## Anexo 11: **Gráficos de Diseño**



CBR % Diseo	EJES EQUIVALENTES																			
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000	
	ESPEOR DE MATERIAL DE AFIRMANDO (mm)																			
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
> 30 *	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150