

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS Y TECNOLOGÍA ENTRE
PAVIMENTOS BASICOS EN LA CARRETERA CAMBIO PUENTE – CASCAJAL,
DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA- ANCASH”**

PRESENTADO POR:

Bach. Bautista Baldera Demys Antonio

Bach. Bernabé Aguilar Renzo Leonel

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS Y TECNOLOGÍA ENTRE
PAVIMENTOS BASICOS EN LA CARRETERA CAMBIO PUENTE – CASCAJAL,
DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA- ANCASH”**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO Y APROBADA POR:

MS. ATILIO RUBÉN LÓPEZ CARRANZA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS Y TECNOLOGÍA ENTRE
PAVIMENTOS BASICOS EN LA CARRETERA CAMBIO PUENTE – CASCAJAL,
DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA- ANCASH”**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Ms. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente

Ms. Atilio Rubén López Carranza
Secretario

Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Integrante

DEDICATORIA

A mis Padres: Por todo el sacrificio que han hecho por sacarme adelante, por sus consejos y saber que siempre ha estado a mi lado en todo momento, por confiar y creer en mí aun cuando el camino se volvió difícil.

A mis hermanos ALAN Y JOFFRE. Por estar siempre pendiente de mí y apoyarme en todo momento, por haber aportado su granito de arena en este proceso que ha sido largo pero con su ayuda se ha hecho realidad.

A mis Tíos JUAN CARLOS Y MARIA NERI. Por todo el apoyo que me ha dado, por ser como mis padres, por sus consejos y esas palabras de aliento para seguir adelante, gracias por darme fuerzas para seguir adelante en esas noches de desvelo de estudio y demostrarme que siempre estará a mi lado en cualquier momento.

A mis amigos y todas aquellas personas especiales: Por ser buenos amigos y compañeros en el proceso de estudio y en este proceso de graduación, gracias compañeros por estar juntos en este proceso y seguir siendo amigos aun con todas las diferencias.



DEDICATORIA

A mis Padres: A mi madre ROSA en el cielo y a mi padre JUAN que tengo a mi lado que con todo su sacrificio siempre me dieron lo necesario y me supieron guiar por el camino correcto, mediante esfuerzo y superación ante todo tipo de adversidades presentes en el camino.

A mis hermanos BIANCA, SELENE Y EDWIN. Por estar siempre pendiente de mí y apoyarme en todo momento, porque supieron darme su Apoyo incondicional en el momento más difícil de mi vida.



AGRADECIMIENTO

MI agradecimiento sincero a mis profesores e ingenieros respetables con renombre de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil en la prestigiosa Universidad Nacional del Santa, por sus valiosas enseñanzas para el desarrollo de las ciencias de la Ingeniería, por su preocupación y dedicación para incentivarlos en el desarrollo de la investigación científica.

A nuestro asesor Mg. Atilio Rubén López Carranza, por sus acertadas sugerencias y apoyo incondicional en el desarrollo de nuestra presente investigación



INDICE GENERAL

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1. Antecedentes	15
1.2. Formulación Del Problema	18
1.3. Objetivos	20
1.3.1. Objetivo General	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
1.4. Formulación de la Hipótesis	21
1.5. Justificación	21
1.6. Limitaciones del Trabajo	22
1.7. Variables	22
1.7.1. Variable Independiente:	22
1.7.2. Variables Dependientes:	22
1.8. Diseño Experimental	23
1.9 Estrategia De Trabajo	23
1.9.1 Método De Estudio	23
1.9.2 Población Muestral	23

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Carretera	25
2.1.1. Clasificación De Carreteras Por Demanda	25
2.1.1.1. Autopistas De Primera Clase	25
2.1.1.2. Autopistas De Segunda Clase	25
2.1.1.3. Carreteras De Primera Clase	26
2.1.1.4. Carreteras De Segunda Clase	26
2.1.1.5. Carreteras De Tercera Clase	26
2.1.1.6. Trochas Carrozables	27
2.2. Pavimento	27
2.2.1. Clasificación De Caminos Por Tipo De Superficie De Rodadura	27
2.2.1.1. Caminos Con Superficie De Rodadura No Pavimentada.	27
2.2.1.2. Caminos Pavimentados	28
2.3. Caminos Con Pavimentos Económicos (soluciones Básicas)	30
2.3.1. Caminos Afirmados Estabilizados Sin Recubrimiento	30



2.3.2. Caminos Afirmados Estabilizados Con Recubrimiento	30
2.3.3. Caminos Son Soluciones Básicas Pavimentadas	30
2.4. Estabilización De Suelos	31
2.4.1. Criterios Geotécnicos Para Establecer La Estabilización De Suelos	32
2.5. Suelos Estabilizados Con Cemento	40
2.5.1. Materiales	42
2.6. Emulsión Asfáltica	49
2.6.1. Componentes	49
2.6.2. Clasificación	50
2.6.3. Usos Generales De Las Emulsiones	52
2.7. Tratamiento Superficial Bicapa	55
2.7.1. Clasificación	55
2.7.2. Ventajas	56
2.7.3. Componentes	58
2.7.3.1. Agregado Pétreo	58
2.7.3.2. Ligante Asfáltico	59
2.7.4. Dosificación Y Características Del Material	63
2.7.5. Equipo	64
2.7.5.1. Cisterna De Riego	65
2.7.5.2. Esparcidora De Sello De Agregado	69
2.7.6. Proceso Constructivo Y Ejecución	72
CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS	74
3.1. Método De Investigación	75
3.2. Universo O Población	75
3.3. Estrategia De Estudio	75
3.3.1. Procedimientos Realizados In Situ	75
3.3.1.1. Índice Medio Anual Imda	75
3.3.1.2. Calicatas	79
3.3.2. Procedimientos Realizados En El Laboratorio	80
3.3.2.1. Obtención En Laboratorio De Muestras Representativas (cuarteo)	80
3.3.2.2. Análisis Granulométrico	81
3.3.2.3. Límites De Atterberg	82



3.3.2.4. Proctor Modificado	86
3.3.2.5. Ensayo De La Relación De Soporte California (cbr)	90
3.3.3. Método De Diseño Para Tratamientos Superficiales Dobles	93
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	96
4.1. Resultados	
4.1.1. Clasificación De Carretera Por Demanda	97
4.1.1.1. Índice Medio Anual (imda)	97
4.1.2. Suelo En Estado Natural	98
4.1.2.1. Clasificación De Suelos En Estado Natural	99
4.1.2.2. Peso Específico Seco Máximo Y Humedad Optima	99
4.1.2.3. CBR	100
4.1.3. Suelo Estabilizado	101
4.1.3.1. Peso Específico Seco Máximo Y Humedad Optima (cemento)	101
4.1.3.2. CBR (cemento)	102
4.1.4. Diseño Del Tratamiento Superficial Bicapa	104
4.1.5. Presupuesto	106
4.1.6. Discusiones	107
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones	110
5.2. Recomendaciones	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
ANEXOS	119

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°01 (a): <i>Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador</i>	36
Cuadro N°01 (b): <i>Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador</i>	37
Cuadro N°02: <i>Rango requerido en Estabilización Suelo Cemento</i>	41
Cuadro N°03: <i>Requisitos Mínimos</i>	45
Cuadro N°04: <i>Requisitos Químicos Opcionales (A)</i>	46
Cuadro N°05: <i>Requisitos Físicos</i>	47
Cuadro N°06: <i>Requisitos Físicos Opcionales</i>	48
Cuadro N°07: <i>Usos generales de las Emulsiones Asfálticas</i>	54
Cuadro N°08: <i>Exigencias de Calidad de los agregados</i>	58
Cuadro N°09 (a): <i>Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales</i>	59
Cuadro N°09 (b): <i>Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales</i>	59
Cuadro N°10: <i>Especificaciones para Emulsiones Catiónicas</i>	62
Cuadro N°11: <i>Cantidades Aproximadas de materiales para Tratamientos Superficiales Dobles</i>	64
Cuadro N°12: <i>Plantilla de Conteo de Vehículos Clasificados</i>	76
Cuadro N°13: <i>Número de Calicatas para Exploración de Suelos</i>	80
Cuadro N°14: <i>Número de Calicatas para Exploración de Suelos</i>	90
Cuadro N°15: <i>Factor de Desperdicio</i>	94
Cuadro N°16: <i>Factor T de corrección por nivel de tráfico</i>	95
Cuadro N°17: <i>Factor s por textura superficial</i>	95
Cuadro N°18 (a): <i>Índice Medio Diario</i>	97
Cuadro N°18 (b): <i>Índice Medio Diario Semanal</i>	97
Cuadro N°19: <i>Índice Medio Diario Anual</i>	98
Cuadro N°20: <i>Resultados del Clasificación, estado natural</i>	99
Cuadro N°21: <i>Resultados del Proctor Modificado, estado natural</i>	100
Cuadro N°22: <i>Resultados de CBR al 95 y 100%, estado natural</i>	101
Cuadro N°23: <i>Resultados del Proctor Modificado, Suelo estabilizado</i>	102
Cuadro N°24: <i>Resultados de CBR al 95 y 100%, Suelo estabilizado</i>	103



INDICE DE FIGURAS

Figura N°01 (a): Diagrama de Procedimientos para Estabilización del Suelo	34
Figura N°01 (b): Diagrama de Procedimientos para Estabilización del Suelo	35
Figura N°02: <i>Diagrama Esquemático de una Emulsión</i>	49
Figura N°03: <i>Presentación Esquemática de una Emulsión Aniónica y Catiónica</i>	51
Figura N°04: <i>Tipos de Mantenimiento Superficiales con Gravilla</i>	56
Figura N°05: <i>Cisterna de Riego de Ligante</i>	66
Figura N°06: <i>Esparcidora de agregados</i>	70
Figura N°07: <i>Índice de Flujo de Vehículos Pesados, 2016 - 2018</i>	77
Figura N°08: <i>Índice de Flujo de Vehículos Ligeros, 2016 - 2018</i>	78



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal el estudio comparativo de costos y tecnología entre pavimentos básicos en la carretera Cambio Puente – Cascajal, Distrito de Chimbote, Provincia del Santa - Ancash.

La tesis consiste en desarrollar una investigación de tipo Aplicativo – Experimental para comparar el costo y la tecnología utilizada entre dos tipos de alternativas técnicas, económicas y factibles mediante la aplicación de cemento como aditivo estabilizador a nivel de rasante.

La primera alternativa estudiada hace referencia a un Camino Estabilizado a lo largo de toda su longitud (15km) y la segunda a un Camino Estabilizado en los tramos donde el CBR del suelo es muy bajo para luego aplicar un Tratamiento Superficial Bicapa.

Mediante esta investigación se busca tener la mejor alternativa económica y factible para tomar como referencia en la pavimentación de la carretera Cambio Puente – Cascajal, dándole una mayor vida útil y que preste un mejor nivel de transitividad.



ABSTRACT

The main objective of this research is the comparative study of costs and technology among basic pavements on the Puente Puente - Cascajal highway, Chimbote District, Santa - Ancash Province.

The thesis is to develop a research of the Application - Experimental type to compare the cost and technology used between two types of technical, economic and feasible alternatives by applying cement as a stabilizing additive at the grade level.

The first alternative studied refers to a Stabilized Road along its entire length (15km) and the second to a Stabilized Road in the sections where the CBR of the ground is very low and then apply a Bilayer Surface Treatment.

This research seeks to have the best economic and feasible alternative to take as a reference in the paving of the Puente Puente - Cascajal road, giving it a longer useful life and providing a better level of transitivity.



CAPITULO I: INTRODUCCIÓN



1.1. ANTECEDENTES

En lo Internacional:

La estabilización química de suelos brinda una alternativa en costos menor a los métodos tradicionales de Construcción de sub-rasantes y posee la gran ventaja de emplear los suelos del sitio donde se lleva a cabo el trabajo. A partir de los acertados trabajos realizados y la favorable relación costo-efectividad lograda, este método ha ido ganando adeptos en muchos sectores de gobierno a nivel mundial. (Copado, 2011, págs. 1-2)

Aparentemente la estabilización de suelos con cal es la más remota forma de mejoramiento de suelos por este estilo de métodos. Se testimonia de que la vía Apia, acceso a la antigua Roma, se construyó empleando este método. (Copado, 2011, págs. 1-2)

En las últimas dos décadas el esfuerzo científico y tecnológico en todo el mundo también se ha orientado al desarrollo de materiales asfálticos para la construcción de carreteras, cuyas especificaciones son cada vez más exigentes. Una práctica muy significativa de este avance tecnológico del asfalto, es el empleo de las emulsiones asfálticas, utilizadas en la estabilización de bases en caminos como una de sus diversas aplicaciones en el campo de los pavimentos flexibles, haciendo uso de materiales pétreos en sus distintas variedades o suelos naturales con baja plasticidad. Del origen de las emulsiones asfálticas se sabe que los primeros ligantes utilizados en carreteras fue en 1854 en la plaza Sallinis en Auch (Gers, Francia), y el 9 de mayo de 1922 el químico inglés Hugh Alan Mackay presento una patente sobre las



emulsiones, en la década de los años setentas hubo un gran desarrollo en el mundo de las emulsiones y que hasta la fecha se ha mantenido. (Gonzalez, 2007, págs. 4-5)

En lo Nacional:

Para poder mejorar las condiciones de transitividad en caminos de bajo volumen de tránsito, actualmente se están enfocando los trabajos a las estabilizaciones de las distintas capas de la estructura del pavimento, de igual manera a la sub- rasante con el objetivo de aumentar el comportamiento esfuerzo–deformación del suelo. Esto ha contribuido a aumentar la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o comprensibilidad, la estabilidad volumétrica ante la aparición de agua, la durabilidad ante el intemperismo, entre otros. (Salcedo, 2010, pág. 12)

La estabilización en caminos no pavimentados de bajo volumen de transito; el cual es el tipo de vía donde se desarrolla la presente tesis; se ha realizado generalmente con el cemento, cal, otros aditivos químicos y orgánicos en los cuales es complicado evaluar los mecanismos de estabilización y predecir su desempeño a largo plazo debido a su composición química que posee, por tal motivo se han realizado algunas investigaciones para conocer más respecto del empleo de estos productos. (Salcedo, 2010, pág. 12)

Los constantes contratiempos que aparecen en las diferentes obras de rehabilitación y mantenimientos periódicos de las carreteras de bajo volumen de tránsito debido a la progresiva disminución de las canteras utilizadas en las diversas intervenciones a ello se suma que en diversos tramos de la nación existen tramos en los cuales la cantera se

sitúa fuera del tramo, a grandes distancias, conllevando al encarecimiento de su futura intervención. (Tinoco, 2012, pág. 2)

Además al interior de nuestro país la mayor cantidad en longitud de caminos, son las carreteras de bajo volumen de tránsito, y que en la actualidad estos no son tratados superficialmente teniendo en cuenta que son necesarios para evitar deterioro prematuro en la capa de rodadura, evitando impactos ambientales negativos en el medio ambiente y mejorando la transitabilidad al disminuir los tiempos de movilización y ahorro en el mantenimiento vehicular. (Tinoco, 2012, pág. 3)

En el año 2007, el MTC presento el Plan de Desarrollo Vial ‘Proyecto Perú’, que proponía intervenciones de distintos niveles en los principales ejes viales del país. En el caso de vías no asfaltadas, donde no eran posibles la aplicación de proyectos de inversión de mejoramiento tradicionales, propuso intervenciones a nivel de mantenimiento periódico, cuya política consistía en mejorar la superficie de rodadura de las vías mediante la aplicación de bases estabilizadas (en un inicio con emulsión asfáltica) y con una capa de protección o recubrimiento bituminoso. A estas soluciones se denominó ‘soluciones básicas’ o pavimentos económicos. (MEF, 2015, pág. 19)

En lo Regional:

Actualmente en Ancash se viene realizando la aplicación de uno de los tipos de soluciones para Pavimentos Básicos como es el Tratamientos Superficial Bicapa (TSB) de las vías de acceso un ejemplo claro de estos es en una carretera del interior

de Huarmey donde se utilizó emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida crs-2h, (espesor de 2 cm).

En lo Local:

En el Distrito de Chimbote no existen registros de haberse realizado soluciones que correspondan a un riego de ligante asfáltico seguido por un riego de gravilla, técnica de mantenimiento efectiva y económica para prolongar la vida de servicio, este tipo de alternativa sirve para rehabilitar caminos de bajo volumen de tránsito donde pueden realizarse tratamientos superficiales mono capa, bicapa y múltiples

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La problemática de la infraestructura vial en el Perú es un hecho preocupante ya que la falta de este medio hace que las oportunidades de crecimiento a nivel de país sean más lejanas y la responsabilidad recae en lo absoluto en las autoridades gubernamentales por no dedicar el interés necesario para invertir en este tipo de proyectos de gran repercusión en el crecimiento económico y así erradicar este problema que está perjudicando al país. (Vasquez, 2008, pág. 36)

La importancia de la infraestructura para el desarrollo nacional es indiscutible. *Serven y Calderón* indican que la mejora de la infraestructura vial tiene un efecto positivo sobre el crecimiento económico y la distribución del ingreso. En el caso peruano, si se desarrollará la infraestructura social y productiva a niveles similares a los alcanzados por Costa Rica, el PBI se incrementaría en un 3,5% anual y en un 2,2% si se logran los niveles de Chile. Cabe mencionar que dos tercios de este mayor



crecimiento se interpretarían por la mayor acumulación de infraestructura, y el tercio restante por la mejora en la calidad de servicios que resulta de contar con una mejor infraestructura. (Vasquez, 2008, pág. 37)

La cobertura vial del territorio resulta relativamente baja, pues el promedio nacional es de 10,5 kilómetros de vías pavimentadas y de 55,4 kilómetros de vías no pavimentadas por 1000 kilómetros cuadrado de territorio. Ello, al igual que la densidad poblacional (en promedio 22,7 habitantes por kilómetro cuadrado al año 2009), está condicionado por las características geográficas del país, y muestra marcadas brechas entre las regiones geográficas y dentro de estas. Se supone que al interior de cada departamento también se dan estas diferencias. En cifras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, hasta el año 2009 existía una red vial departamental de 22 793,3 kilómetros, cuya gestión corresponde a los gobiernos regionales. De esta red, solo el 6,5% estaba pavimentado y el restante 93,5% sin pavimentar (afirmadas, sin afirmar y trochas carrozables). En cuanto a las vías vecinales (a cargo de los gobiernos locales), estas implicaban un total de 38 048,4 kilómetros, de los cuales solo el 1,6% se encontraba pavimentado. Se estima que existen 42 575,7 kilómetros de vías no pavimentadas por identificar y/o incorporar al Sistema de la Red Vial Vecinal, con lo que dichas vías llegarían a un total de 80 624,1 kilómetros. (Vasquez, 2008, págs. 39-40)

En los últimos años el Perú ha promovido una política favorable para la construcción de obras viales a lo largo y ancho del territorio, habiéndose ejecutado pavimentos flexibles, pero de acuerdo al comportamiento y a las medidas de campo con que se



realizan los materiales que se construyen estos pavimentos deben tener una calidad suficiente para resistir. (Vasquez, 2008)

Para colaborar al desarrollo de un país, se necesita que este posea una adecuada infraestructura vial, tanto para vías pavimentadas como no pavimentadas, considerando los caminos de bajo volumen de tránsito. (Vasquez, 2008, pág. 27)

Para el mejoramiento de vías no pavimentadas se buscan técnicas y procedimientos constructivos alternativos de bajo costo y que técnicamente sean aceptables. (Vasquez, 2008, pág. 27)

Una alternativa Factible Técnica-Económica es el empleo de Pavimentos Básicos, por tal motivo el objeto de nuestro trabajo radica en el estudio de los diferentes tipos de tratamiento de estabilización de suelos.

¿Cuál es la mejor alternativa tecnológica - económica entre los diversos tipos de pavimentos básicos para la vía de acceso cambio puente-cascajal?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Comparar costos y tecnología entre tipos de pavimentos básicos.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Cuantificar económicamente el uso de las partidas más relevantes para los tipos de pavimentos básicos mencionados: Caminos estabilizados sin recubrimiento y Caminos con recubrimiento.



- ✓ Comparar los costos y la tecnología para los procesos constructivos entre los tipos de pavimentos básicos.
- ✓ Seleccionar uno de los tipos de pavimentos básicos estudiados como alternativa para la futura pavimentación en la localidad.

1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Mediante el estudio comparativo de los tipos de pavimentos básicos se podrá obtener el más adecuado que brinde mayores ventajas tecnológicas y económicas en la carretera Cambio Puente - Cascajal.

1.5. JUSTIFICACIÓN

El estado de la infraestructura vial, desde la perspectiva del usuario debe ser una que permita la circulación del tránsito, en condiciones de seguridad y comodidad, bajo cualquier condición climática y topográfica, durante un tiempo prolongado, prestando adecuadas condiciones de transitividad en cualquier época del año.

En el Perú los caminos de bajo volumen de tránsito (BVT), tienen mantenimiento insuficiente y de poca calidad (en muchos casos prácticamente es nulo), la organización institucional y la administración son débiles, existen limitaciones presupuestarias, la documentación técnica y normativa, si existe, es falto, los costos de intervención son altos a pesar que la red de caminos de BVT es de suma importancia para el avance socio-económico de la región y en consecuencia del país.



Por ello, pese a contar con un Proyecto de Inversión Pública, para la rehabilitación en la vía de acceso cambio puente-cascajal; el cual considera el diseño de un pavimento flexible con las reglamentaciones y normativas emitidas por el MTC, este no ha sido aprobado debido al elevado monto presupuestal.

Razón por la cual con esta investigación se proveerá de una alternativa económicamente factible, sin equipo sofisticado pero con toda la calidad requerida, obteniendo un tiempo largo de vida de dicha vía, prestando los adecuados niveles de transitividad y mejorando la situación en la que viven los pobladores.

1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO

Para el cálculo de Esfuerzo vs Penetración del ensayo del CBR se tuvo problemas con el Pistón de carga del laboratorio debido a que este se encontraba en mal estado, por lo cual se optó por llevar los moldes hasta otro laboratorio para el desarrollo de dicho ensayo ocasionando pérdida de material, valores no confiables, demoras y mayor costo.

1.7. VARIABLES

1.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:

- ✓ Estudio de las características Geotécnicas de la Carretera Cambio Puente – Cascajal.

1.7.2. VARIABLES DEPENDIENTES:

- ✓ Parámetros para el diseño de la pavimentación y mejoramiento de carretera.

1.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Diseño Pre – Experimental:

El presente estudio demanda empleo del diseño de investigación pre-experimental, tal y como lo confirma Hernández, et al (2014), quien postula que un diseño pre-experimental son propios de la investigación cuantitativa. Requiere la manipulación intencional de una acción (variables) para analizar sus posibles efectos.

II. G: X O

Dónde:

G : Carretera Cambio Puente - Cascajal

X : Evaluación del estado actual de la carretera Cambio Puente – Cascajal.

O : Propuestas de mejoramiento desde el punto de vista técnico y Económico entre pavimentos básicos.

1.9. ESTRATEGIA DE TRABAJO

1.9.1. MÉTODO DE ESTUDIO

- Realización del trabajo de campo de la zona y estudio de mecánica de suelos de la misma, para obtener datos reales que nos servirán en el futuro diseño.
- A través de un análisis obtendremos la opción más económicamente conveniente entre los diferentes pavimentos básicos.

1.9.2. POBLACIÓN MUESTRAL

- Carretera Cambio Puente – Cascajal



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS Y TECNOLOGÍA ENTRE PAVIMENTOS BASICOS EN LA CARRETERA
CAMBIO PUENTE – CASCAJAL, DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA- ANCASH”

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO



2.1. CARRETERA

Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (DG, 2018, pág. 10)

2.1.1. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS POR DEMANDA

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

2.1.1.1. Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6,000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe de ser pavimentada. (DG, 2018, pág. 12)

2.1.1.2. Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 6,000 y 4,001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00m hasta 1.00m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe de ser pavimentada. (DG, 2018, pág. 12)

2.1.1.3. Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4,000 y 2,001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60m de ancho como mínimo. Pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (DG, 2018, pág. 12)

2.1.1.4. Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 2,000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30m de ancho como mínimo. Pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (DG, 2018, pág. 12)

2.1.1.5. Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menos a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizantes de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase. (DG, 2018, pág. 12)

2.1.1.6. Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar. (DG, 2018, pág. 12)

2.2. PAVIMENTO

Estructura diseñada y construida para soportar cargas estáticas y dinámicas, con una transitividad adecuada. Está conformada por capas que apoya en toda su superficie íntegramente sobre el terreno (natural en corte o terraplén compactado en relleno), preparado para recibirla, el cual recibe el nombre de sub-rasante. (RNE-CE-010, 2010, pág. 43)

2.2.1. CLASIFICACIÓN DE CAMINOS POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA

2.2.1.1. Caminos con superficie de rodadura no pavimentada.

Este grupo de caminos está conformado por:

a) Caminos de tierra

Constituidos por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo. (MTC-SGGP, 2014, pág. 9)

b) Caminos de grava (lastrados)

Constituidos por una capa de revestimiento con material natural pétreo, seleccionados manualmente o por zarandeo de tamaño máximo de 75mm. (MTC-SGGP, 2014, pág. 9)

c) Caminos afirmados

Constituidos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificados naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuestos por una combinación apropiada de tres tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo de 25mm. (MTC-SGGP, 2014, pág. 9)

d) Caminos afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales

- Afirmados con grava tratada con materiales como asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.
- Suelos naturales estabilizados con material granular y finos ligantes, asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros. (MTC-SGGP, 2014, pág. 10)

2.2.1.2. Caminos Pavimentados

Los caminos identificados como pavimentados están constituidos por una superficie de rodadura del tipo. (MTC-SGGP, 2014, pág. 10)

a) El pavimento flexible

Es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos con aglomerantes, agregados y, de ser el caso, aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente. (MTC-SGGP, 2014, pág. 10)

b) El pavimento Semirrígido

Es una estructura de pavimento básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con Cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados. (MTC-SGGP, 2014, pág. 10)

c) El pavimento rígido

Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de subbase granular, no obstante esta capa puede ser de base granular o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante; agregado y de ser el caso aditivo. (MTC-SGGP, 2014, pág. 10)

2.3. CAMINOS CON PAVIMENTOS ECONÓMICOS (SOLUCIONES BÁSICAS)

Aunque la normatividad actual no define explícitamente el concepto de “solución básica” o “pavimento económico”, esta se refiere a alternativas técnicas, económicas y ambientales, que consisten principalmente en la aplicación de estabilizadores de suelos, recubrimientos bituminosos y otros, posibilitando que las capas de rodadura de las carreteras no pavimentadas, tengan una mayor vida útil y presten un mejor nivel de servicio. (MEF, 2015, pág. 16)

En este tipo de soluciones se pueden presentar los siguientes casos:

2.3.1. Caminos afirmados estabilizados sin recubrimiento

Caminos a nivel de superficie de rodadura compuestos por afirmados estabilizados con productos químicos o caminos a nivel de superficie de rodadura con suelos estabilizados. (MEF, 2015, pág. 17)

2.3.2. Caminos afirmados estabilizados con recubrimiento

Caminos a nivel de superficie de rodadura compuestos por afirmados o suelos estabilizados con productos químicos, con una capa de protección bituminosa. (MEF, 2015, pág. 17)

2.3.3. Caminos son soluciones básicas pavimentadas

Caminos con pavimentos compuestos por capas granulares y base estabilizada, con una superficie de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial monocapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc. (MEF, 2015, pág. 17)

2.4. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio cuando se estabiliza una sub base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub base o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.). (MTC-SGGP, 2014)

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación. (MTC-SGGP, 2014, pág. 107)

Como se mencionó, el concepto de estabilización también se aplica sobre una subbase, base o material granular, que aun respetando el requisito de tener un determinado valor de CBR., se estabilizará para conseguir el material de mejor calidad con un menor espesor de capa. Por lo general, la empleo de este criterio es para los caminos donde se presente un considerable tráfico pesado o incluso en sectores de tráfico menor, pero cuyas condiciones ameriten su ejecución como, por ejemplo, escasez o cuando no se dispongan de materiales de subbase o base, altos costos de transporte y tratamiento de chancado para la base, etc. (Montejo, 2002, pág. 75)

2.4.1. CRITERIOS GEOTÉCNICOS PARA ESTABLECER LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

1. Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo, donde el Ingeniero Responsable analizará diversas alternativas de estabilización o de solución, como:

Estabilización mecánica, Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, Estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros), Pedraplenes, Capas de arena, Elevar la rasante o cambiar el trazo vial sí las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y complejas. (MTC-SGGP, 2014, pág. 107)

2. Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10cm. de espesor como mínimo o un geotextil, según lo justifique el Ingeniero Responsable. (MTC-SGGP, 2014, pág. 108)

3. La superficie de la subrasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una subrasante buena y regular; a 1.00 m cuando se trate de una subrasante pobre y, a 1.20 m cuando se trate de una subrasante inadecuada. En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o

drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario. (MTC-SGGP, 2014, pág. 108)

4. En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. Sí la profundidad de la napa freática es mayor a la indicada anteriormente (1.20 m), la acción de congelamiento no llegará a la capa superior de la subrasante. En el caso de presentarse en la capa superior de la subrasante (últimos 0.60 m) suelos susceptibles al congelamiento, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario. Son suelos susceptibles al congelamiento, los suelos limosos. Igualmente los suelos que contienen más del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm, con excepción de las arenas finas uniformes que aunque contienen hasta el 10% de materiales de tamaño inferior a los 0.02mm, no son susceptibles al congelamiento. En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm. (MTC-SGGP, 2014, pág. 108)

La curva granulométrica de la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0.074 mm (N° 200) se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios (según Norma MTC E109). (MTC-SGGP, 2014, pág. 108)

5. Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas. (MTC-SGGP, 2014, pág. 108)

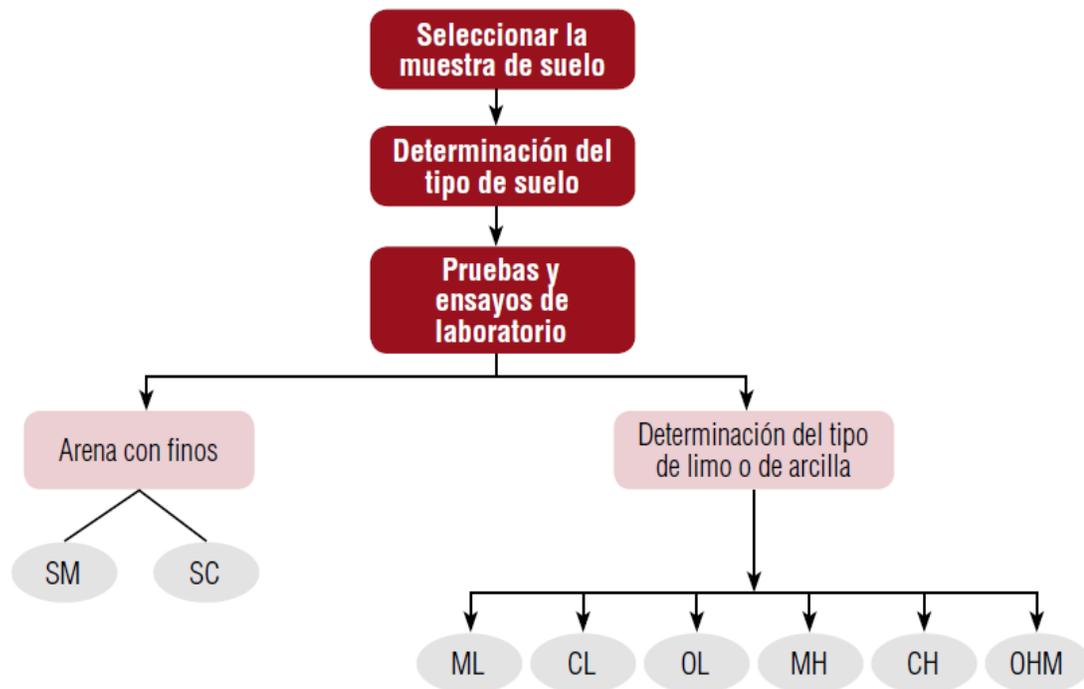


Figura N°01 (a): Diagrama de Procedimientos para Estabilización del Suelo

Fuente: MTC – Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos

6. Los factores que se considerarán al seleccionar el método más conveniente de estabilización son: (MTC-SGGP, 2014, pág. 109)

- a. Tipo de suelo a estabilizar
- b. Uso propuesto del suelo estabilizado
- c. Tipo de aditivo estabilizador de suelos
- d. Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará
- e. Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador
- f. Disponibilidad del equipo adecuado
- g. Costos comparativos

El siguiente diagrama sintetiza un procedimiento para determinar el método apropiado de estabilización:

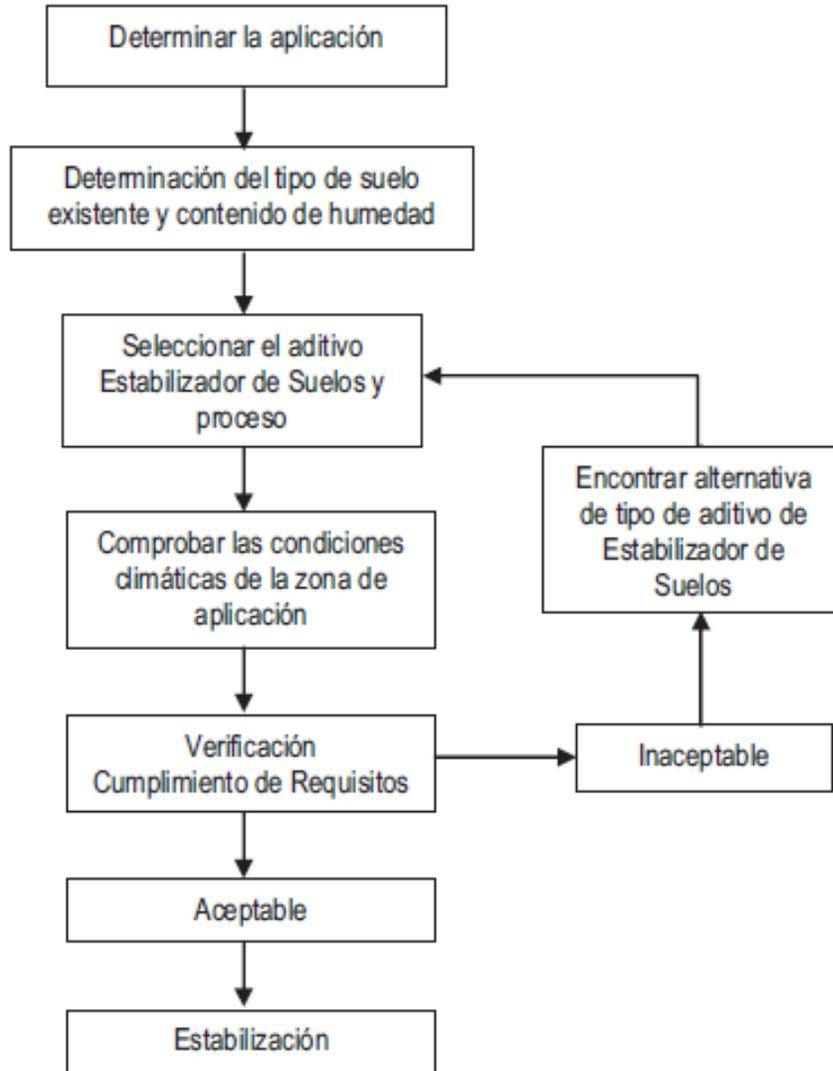


Figura N°01 (b): Diagrama de Procedimientos para Estabilización del Suelo

Fuente: MTC – Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos

7. A continuación se presentan dos guías referenciales para la selección del tipo de estabilizador, que satisface las restricciones y observaciones de cada tipo de suelo. (MTC-SGGP, 2014, pág. 110)



Cuadro N°01 (a): Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador

Área	Clase de Suelo	Tipos de estabilizador recomendado	Restricción en LL a IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1A	SW o SP	(1) Asfalto	IP no excede de 25		
		(2) Cemento Portland			
		(3) Cal-Cemento-Cenizas Volantes			
1B	SW-SM o SP-SM o SW3-SC o SP-SC	(1) Asfalto	IP no excede de 10		
		(2) Cemento Portland	IP no excede de 30		
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Cenizas Volantes	IP no excede de 25		
1C	SM o SC o SM-SC	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2) Cemento Portland	(b)		
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Cenizas Volantes	IP no excede de 25		
2A	GW o GP	(1) Asfalto	IP no excede de 25		Solamente material bien graduado
		(2) Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que para la malla N°4
		(3) Cal-Cemento-Cenizas Volantes			
2B	GW-GM o GP-GM o GW-GC o GP-GC	(1) Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado
		(2) Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que para la malla N°4
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Cenizas Volantes	IP no excede de 25		
2C	GM o GC o GM-GC	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solamente material bien graduado
		(2) Cemento Portland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que para la malla N°4
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-Cemento-Ceniza	IP no excede de 25		
3	CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL	(1) Cemento Portland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos Orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios
		(2) Cal	IP no menor de 12		
IP - Índice Plástico (b) $IP 20 + (50 - \text{porcentaje que pasa la Malla N}^\circ 200) / 4$			Sin restricción y observación No es necesario aditivo estabilizador	Fuente: US Army Corps of Engineers	

Fuente: MTC – Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Cuadro N°01 (b): Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador

Tipo o Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo (1)	Dosificación (3)	Curado (Apertura al tránsito) (6)	Observaciones
Cemento	EQ-CBT -2008 Sección 3068 ASTM C 150 AASHTO M85	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 LL < 40% IP ≤ 18% CMO (2) < 1.0% Sulfatos (SO4) < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO4 Ca (4) AF ≤ 10% AG ≤ 12% Durabilidad SO4 Mg AF ≤ 15% AG ≤ 18%	2 - 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o AASHTO M208	A-1, A-2 y A-3 Pasante Malla N° 200 < 10% IP ≤ 8% Equiv. Arena ≥ 40% CMO (2) < 1.0% Sulfatos (SO4) < 0.6% Abrasión < 50% Durabilidad SO4 Ca (4) AF ≤ 10% AG ≤ 12% Durabilidad SO4 Mg AF ≤ 15% AG ≤ 18%	4 - 8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	EQ-CBT -2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% ≤ IP ≤ 50% CMO (2) < 3.0% Sulfatos (SO4) < 0.2% Abrasión < 50%	2 - 8%	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas. Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de Calcio	ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CMO (2) < 3.0% Sulfatos (SO4) < 0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	EG-CBT -2008 Sección 3098 ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7 8% < IP < 50% CMO (2) < 3.0% Abrasión < 50%	50 - 80 Kg/m3	7 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E4 1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CMO (2) < 3.0% Ph: mínimo 5 Abrasión < 50%	50 - 80 Kg/m3	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT -2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7 6% ≤ IP ≤ 50% 4.5 < pH < 8.5 CMO (2) No debe contener Abrasión < 50% % < N° 200: 10 - 35%	1L / 30 - 33 m3	De acuerdo a especificaciones del fabricante	
Aceites Sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO (2) < 1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a especificaciones del fabricante	

(1) Espesor de tratamiento por capas de 6 a 8"

Tamaño máximo: 2", debe carecer de restos vegetales

Los suelos naturales, materiales de bancos de préstamo o mezcla de ambos, que sean objeto de estabilización, deben estar definidos en el Expediente Técnico del Proyecto.

(2) CMO: Contenido de Materia Orgánica

(3) Los diseños o dosificaciones deben indicar: fórmula de trabajo, tipo de suelo, cantidad de estabilizador, volumen de agua, valor de CBR p resistencia compresión simple o resultados de ensayos Marshall modificado o Illinois, según corresponda el tipo de estabilizador aplicado.

(4) Para altitudes mayores a 3000 m.s.n.m.

(5) Después de finalizado el proceso de compactación.

Fuente: MTC – Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Existen diferentes metodologías de estabilización, no obstante, debe mencionarse la significación que adquiere con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos constructivos de prueba que ratifiquen el buen resultado. Asimismo, se debe certificar que tanto la construcción como la conservación vial, debe realizarse en forma simple, económica y con el equipamiento disponible. (Montejo, 2002, pág. 77)

i. Estabilización Física

Se emplea para mejorar el suelo causando cambios físicos en el mismo.

Este tipo de estabilización es de extenso uso pero por si sola no logra generar los efectos deseados, necesiéndose siempre de por lo menos la compactación como complemento. (Menéndez, 2013, pág. 19)

Por ejemplo, los suelos de grano grueso como las grava-arenas tienen una alta fricción interna lo que lo hacen soportar grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como para ser firme de una carretera ya que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino. (Menéndez, 2013)

ii. Estabilización Mecánica

Estabilización con la que se consigue mejorar considerablemente un suelo sin que se produzcan reacciones químicas de importancia.

Compactación: este mejoramiento generalmente se hace en la sub-base, base y en las carpetas asfálticas. (Menéndez, 2013, pág. 20)

iii. Estabilización Química

Hace referencia principalmente al empleo de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso.

- Cal: disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es muy económica. (Menéndez, 2013, pág. 20)
- Cemento Portland: aumenta la resistencia de los suelos y se usa principalmente para arenas o gravas finas. (Menéndez, 2013)
- Productos Asfálticos: es una emulsión muy usada para material triturado sin cohesión. (Menéndez, 2013, pág. 20)
- Cloruro de Sodio: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos. (Menéndez, 2013, pág. 20)
- Cloruro de Calcio: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos. (Menéndez, 2013, pág. 20)
- Cloruro de Magnesio Hexahidratado: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos. (Menéndez, 2013, pág. 20)
- Escorias de Fundición: Se usa comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil. (Menéndez, 2013, pág. 20)
- Polímeros: Se usa comúnmente en carpetas asfálticas para aumentar su resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil. (Menéndez, 2013, pág. 20)

- Hule de Neumáticos: Se usa comúnmente en carpetas asfálticas para aumentar su resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil. (Menéndez, 2013, pág. 20)

2.5. SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto. (MTC-SGGP, 2014, pág. 118)

El contenido óptimo de agua se determina por el ensayo proctor como en la compactación de suelos.

Las propiedades del suelo-cemento dependen de:

- Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.
- Ejecución.
- Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los granulares tipos A-1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja o media ($LL < 40$, $IP < 18$). (MTC-SGGP, 2014, pág. 118)

La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente y su densidad máxima y humedad-óptima aumenta o disminuyen

ligeramente, según el tipo de suelo. (MTC-SGGP, 2014, pág. 118)

La dosificación de cemento para Suelo Cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, según lo siguiente: (MTC-SGGP, 2014, pág. 118)

Cuadro N°02: Rango requerido en Estabilización Suelo Cemento

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1 - a	3 - 5
A-1 - b	5 - 8
A-2	5 - 9
A-3	7 - 11
A-4	7 - 12
A-5	8 - 13
A-6	9 - 15
A-7	10 - 16

Fuente: MTC – Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Es conveniente que la compactación se inicie cuando la humedad in situ sea la prescrita y en todo caso, en menos de una hora a partir del mezclado, y se debe terminar entre 2 y 4 horas, según las condiciones atmosféricas. A nivel de subrasante, se exige un grado de compactación mínimo 95% según AASHTO T180 en la capa de afirmado el mínimo es de 100%. (MTC-SGGP, 2014, pág. 119)

Debe tenerse en cuenta, el problema del posible fisuramiento de estas estabilizaciones o de bases tratadas con cemento, debido a una falta o descuido en el curado que hace perder humedad a la capa estabilizada, en el periodo previo a la colocación de la siguiente capa. Este proceso se agrava cuando la carretera se ubica en zonas calurosas; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con cemento. (MTC-SGGP, 2014, pág. 119)

2.5.1. MATERIALES

a. SUELOS

El material por estabilizar con cemento Portland podrá ser material de afirmado o provenir de la escarificación de la capa superficial existente o ser un suelo natural proveniente de (EG, 2013, pág. 243):

- ✓ Excavaciones o zonas de préstamo.
- ✓ Agregados locales.
- ✓ Mezclas de ellos.

Cualquiera que sea el material a emplear, deberá estar libre de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar la elaboración y fraguado del concreto. Deberá, además, cumplir los siguientes requisitos generales (EG, 2013, pág. 243):

➤ Granulometría (Agregados)

La granulometría del material a estabilizar puede corresponder a los siguientes tipos de suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7.

Además el tamaño máximo no podrá ser mayor de 5 cm (2”) o 1/3 del espesor de la capa compactada. (EG, 2013, pág. 243)

➤ **Plasticidad**

La fracción inferior del tamiz de 425 mm (N.º 40) deberá presentar un Límite Líquido inferior a 40 y un Índice Plástico menor de 18%, determinados según normas de ensayo MTC E 110 y MTC E 111. (EG, 2013, pág. 244)

➤ **Composición Química**

La proporción de sulfatos del suelo, expresada como SO₄= no podrá exceder de 0,2% en peso. (EG, 2013, pág. 244)

➤ **Abrasión**

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasi3n (Máquina de Los Ángeles) MTC E 207 no mayor a 50%. (EG, 2013, pág. 244)

➤ **Solidez**

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales y el material se encuentra a una altitud ≥ 3.000 m.s.n.m, los agregados gruesos no deben presentar pérdidas en sulfato de magnesio al 18% y en materiales finos superiores al 15%. (EG, 2013, pág. 244)



b. CEMENTO

El cemento utilizado será Portland, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NTP 334.009, NTP 334.090, NTP 334.050, NTP 334.082 (ASTM 1157), AASHTO M85, M240, M307, M321 o ASTM-C150. (EG, 2013, pág. 853)

Según la NTP 334.009 el cemento Portland se clasifica en cinco tipos: de acuerdo con sus propiedades:

- ✓ Cemento Portland Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- ✓ Cemento Portland Tipo II: Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- ✓ Cemento Portland Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- ✓ Cemento Portland Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- ✓ Cemento Portland Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Algunos cementos son denominados con un tipo de clasificación combinada, como Tipo I/II, indicando que el cemento reúne los requisitos de los tipos señalados y es ofrecido como adecuado para su uso cuando cualquiera de los dos tipos es deseado. (EG, 2013, pág. 854)

➤ **Requisitos químicos del cemento portland**

Cada uno de los 5 tipos de cemento Portland definidos deberá cumplir los respectivos requisitos químicos prescritos. Los requisitos químicos opcionales se indican en los cuadros a continuación. (EG, 2013, pág. 854)

Cuadro N°03: Requisitos Mínimos

Composición química	Método de ensayo aplicable	Tipos de Cemento				
		I	II	III	IV	V
Dióxido de Silicio (SiO ₂), % mín.		-	20,0 (C,D)	-	-	-
Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) % máx.		-	6,0	-	-	-
Óxido Férrico (Fe ₂ O ₃) % máx.		-	6,0 (C,D)	-	6,5	-
Óxido de Magnesio (Mg O) % máx.		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Trióxido de Azufre (SO ₃) % máx. (A)	334,086					
Cuando C ₃ A ≤ 8%		3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
Cuando C ₃ A > 8%		3,5	(B)	4,5	(B)	(B)
Pérdida por ignición, % máx.		3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Residuo insoluble, % máx.		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Silicato tricálcico (C ₃ S) % (máx) (E)		-	-	-	35 (C)	-
Silicato Dicálcico (C ₂ S) % (mín) (E)		-	-	-	40 (C)	-
Aluminato tricálcico (C ₃ A) % (máx) (E)		-	8	15	7 (C)	5 (D)
Aluminio-ferrito tetracálcico más dos veces el Aluminato Tricálcico (C ₄ AF + 2(C ₃ A)) ó Solución Sólida (C ₄ AF + C ₂ F) máx.	Véase Anexo C	-	-	-	-	25 (D)

(A) Hay casos en los que el (SO₃) óptimo (Determinado con el método de ensayo indicado en NTP 334.075) para un cemento particular está muy cerca o excede el límite de esta NTP. En estos casos, cuando las propiedades de un cemento pueden mejorarse con un exceso en el límite de SO₃ dados en esta tabla, estos valores pueden permitirse con la condición que se haya demostrado mediante la NTP 334.093, que este cemento con exceso de SO₃ no desarrollará expansión en agua que sobrepase el 0,020% a los 14 días. Cuando el fabricante suministra cemento bajo esta provisión, facilitará a solicitud del comprador datos sustentatorios.

(B) No aplicable

(C) No aplicable cuando se especifique el límite de calor de hidratación de la Tabla 4.

(D) No aplicable cuando se especifique la resistencia a los sulfatos límite de la Tabla 4.

(E) Véase anexo C para el cálculo.

Fuente: MTC – EG – 2013

Cuadro N°04: Requisitos Químicos Opcionales (A)

Constituyentes	Método de ensayo aplicable	Tipos de Cemento					Observaciones
		I	II	III	IV	V	
Aluminato Tricálcico (C3 A) (D), % (máx)	Véase Anexo C	-	-	8	-	-	Para moderada resistencia a los sulfatos
Aluminato Tricálcico (C3 A) (D), % (máx)	Véase Anexo C	-	-	5	-	-	Para moderada resistencia a los sulfatos
Suma (C3S + C3A), % (máx)	Véase Anexo C	-	58 (B)	-	-	-	Para moderado calor de hidratación
Álcalisis Equivalentes (Na ₂ O + 0,658K ₂ O), % max.	NTP 334.086	0.60 (C)	0.60 (C)	0.60 (C)	0.60 (C)	0.60 (C)	Cemento de bajo alcali

Notas:

- (A) Estos requisitos opcionales son aplicables sólo en el caso que sea solicitado específicamente.
- (B) Cuando se solicite este límite, el límite opcional de calor de hidratación de la Tabla 4 no debe ser requerido.
- (C) Este límite debe especificarse cuando el cemento va a ser usado en concretos con agregados reactivos perjudiciales
- (D) Véase Anexo C para el cálculo.

Fuente: MTC – EG – 2013

➤ **Requisitos físicos del cemento portland**

Cada uno de los 5 tipos de cemento Portland deberá cumplir con los requisitos físicos indicados. Si el Proyecto lo establece, el cemento Portland deberá cumplir con los requisitos físicos opcionales que se especifican en los cuadros. (EG, 2013, pág. 855)



Cuadro N°05: Requisitos Físicos

Características	Método de ensayo aplicable	Tipo de Cemento				
		I	II	III	IV	V
Contenido del aire de mortero (A), % volumen						
máx	NTP 334,048	12	12	12	12	12
mín.		-	-	-	-	-
Finura Superficie Especifica, (m²/kg) (Métodos Alternativos) (B)						
Ensayo de Turbidímetro (NTP 334.072), mín.	NTP 334,072	160	-	160	160	160
Ensayo de Permeabilidad (NTP 334.002), mín.	NTP 334,002	280	-	280	280	280
Expansión en autoclave (NTP 334.004), % máx.	NTP 334,004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Resistencia (NTP 334.051), no menor que los valores mostrados para ñas edades indicadas a continuación (C)	NTP 334,051					
Resistencia a Compresión, Mpa						
1 día		-	-	12,0	-	-
3 días		12,0	10,0	24,0	-	8,0
			7 (F)			
7 días		19,0	17,0	24,0	-	8,0
			12 (F)			
28 días		-	-	-	17,0	21,0
Tiempo de fraguado (Métodos alternativos) (D)						
Ensayo de Gilmore (minutos)	NTP 334,056					
Fraguado inicial: No menor que, mín		60	60	60	60	60
Fraguado final: No mayor que, mín		600	600	600	600	600
Ensayo de Vicat (NTP 334.006) (minutos) (E)	NTP 334,006					
Tiempo de fraguado: No menor que, mín		45	45	45	45	45
Tiempo de fraguado: No mayor que, mín		375	375	375	375	375

- (A) El cumplimiento con los requisitos de esta NTP, no necesariamente asegura que el contenido del aire deseado será obtenido en el concreto
- (B) Cualquiera de los métodos de ensayo pueden ser utilizados a opción del laboratorio de ensayo. Sin embargo, cuando la muestra no cumple con los requisitos del ensayo con la permeabilidad del aire, se usará el ensayo del Turbidímetro; por consiguiente registrarán los requisitos dados en esta Tabla para el método turbidimétrico.
- (C) Las resistencias ensayadas a cualquiera de las edades establecidas no serán menores que las alcanzadas a cualquier edad previa especificada.
- (D) El comprador deberá especificar el tipo de ensayo de tiempo de fraguado requerido, en caso de que no se especificara, registrarán solamente los requisitos del ensayo de Vicat
- (E) El tiempo de fraguado es aquel descrito como tiempo de fraguado inicial en el método de ensayo de la NTP 334.006.
- (F) Cuando se especifique el requisito opcional de calor de hidratación o el límite químico de la suma del silicato tricálcico y aluminato tricálcico.

Fuente: MTC – EG – 2013

Cuadro N°06: Requisitos Físicos Opcionales

Características	Método de ensayo aplicable	Tipo de Cemento				
		I	II	III	IV	V
Falso fraguado, penetración final, mín., %	NTP 334.065	50	50	50	50	50
Calor de hidratación	NTP 334.064					
<ul style="list-style-type: none"> • 7 días, máx., KJ/Kg (cal/g) • 28 días, máx., KJ/Kg (cal/g) 			290 (B) 70		250 (C) 60	290 (C) 70
Resistencia a la compresión, Mpa, 28 días	NTP 334.051	28,0	28,0 (B)	22,0		
Resistencia a Sulfatos, 14 días, máx., % de expansión	NTP 334.065	(D)	(E)			0,040

(A) Estos requisitos opcionales son aplicables cuando sea expresamente solicitado.

(B) El límite opcional para la suma del silicato tricálcico y del aluminato tricálcico indicado en la tabla será requerido cuando se solicite este límite opcional. Estos requisitos de resistencia se aplican cuando sean solicitados, ya sea el calor de hidratación o la suma de silicato tricálcico y aluminato tricálcico.

(C) Cuando se especifique el límite de calor de hidratación, éste se indicará en el lugar de los límites de C3S, C2S y C3A, SiO₂ y Fe₂O₃ listados en a tabla 1

(D) Cuando se especifique la resistencia a los sulfatos, éste se indicará en el lugar de los límites de C3A y C4AF + 2C3A SiO₂ y Fe₂O₃ listados en la tabla 1.

(E) El cemento que cumple el límite de alta resistencia a los sulfatos de tipo V, se considera que reúne el requisito de moderada resistencia a los sulfatos de tipo II.

Fuente: MTC – EG – 2013

c. AGUA

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como SO₄= y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados. (EG, 2013, pág. 856)

2.6. EMULSIÓN ASFÁLTICA

El término emulsión tiene su origen en el verbo latino emulgere, que significa ordeñar, por eso se considera como el prototipo de emulsión natural a la leche de los mamíferos. En nuestro tema podemos especificar de una manera técnica las emulsiones asfálticas como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro (o sea dispersión de asfalto en agua), con interrelación de partículas del tamaño de 1 a 20 micras u otro tamaño según la necesidad, los cuales son no miscibles entre sí y están unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente. 1. Esto puede notarse en la figura 2.20, en donde se muestra un dibujo esquemático de una emulsión asfáltica. (Alfaro, 2016, pág. 27)

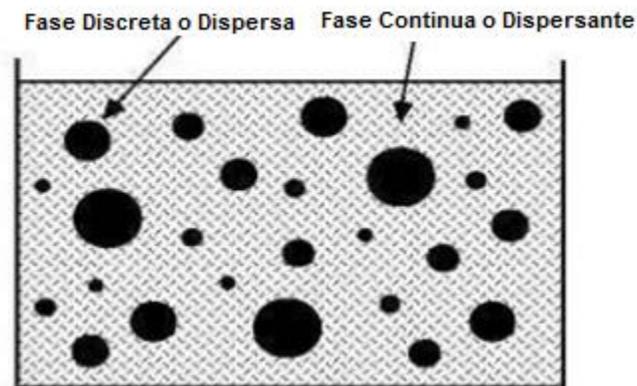


Figura N°02: Diagrama Esquemático de una Emulsión

Fuente: Cea Carranza, David. (2009)

2.6.1. COMPONENTES

Son tres los componentes básicos de una emulsión asfáltica, estos son: asfalto, agua y un agente emulsivo. Asimismo podrían ser parte de estos componentes aditivos como estabilizadores, mejoradores de adherencia, mejoradores de recubrimiento, o agentes

de control de rotura. Se sabe que el agua y el asfalto no se mezclan, excepto en condiciones cuidadosamente controladas, utilizando equipos de alta especialización y aditivos químicos. Como sucede al lavarse las manos llenas de grasa con un jabón. Algunos de los mismos principios físicos y químicos se aplican a la formulación, producción y uso de emulsiones asfálticas. El propósito es obtener una dispersión estable del cemento asfáltico en el agua, suficientemente firme para ser bombeada, almacenada durante tiempo prolongado, y mezclada. Más aún, la emulsión deberá romper rápidamente tras entrar en contacto con el agregado en un mezclador, o tras ser distribuida sobre el terreno. La rotura es la separación, del agua del asfalto, al curar el residuo asfáltico conserva toda la capacidad adhesiva, la durabilidad, y la resistencia al agua propias del cemento asfáltico con el cual fue elaborado. (Alfaro, 2016, págs. 27-28)

2.6.2. CLASIFICACIÓN

Definimos a los emulsificantes como compuestos orgánicos de peso molecular relativamente elevado (entre 100 y 300); tienen una parte hidrofóbica (generalmente es una cadena hidrocarbonada ya sea lineal o cíclica) que es soluble en el medio orgánico (en nuestro caso en el asfalto) y una parte hidrofílica (habitualmente es un grupo polar de tipo orgánico o inorgánico), soluble en el medio acuoso. Las emulsiones asfálticas pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de emulgente usado. En este caso podemos hablar de tres tipos, aniónicas, catiónicas, y no iónica. En la práctica, las dos primeras son las más extensamente usadas en la construcción y mantenimiento de carreteras. Estas designaciones aniónicas y catiónicas hacen

referencia a las cargas eléctricas que rodean a las partículas de asfalto. Este sistema de identificación se basa en una ley de electricidad, que las cargas iguales se repelen y las cargas opuestas se atraen. (Alfaro, 2016, págs. 32-33)

a) **Emulsiones Aniónicas.-** El agente emulsificante en este tipo de emulsiones le confiere una polaridad negativa a los glóbulos de asfalto, o sea que están cargados electro negativamente (Alfaro, 2016, pág. 33).

b) **Emulsiones Catiónicas.-** El agente emulsificante en este tipo de emulsiones le confiere una polaridad positiva a los glóbulos de asfalto, o sea que están cargados electro positivamente. (Alfaro, 2016, pág. 33)

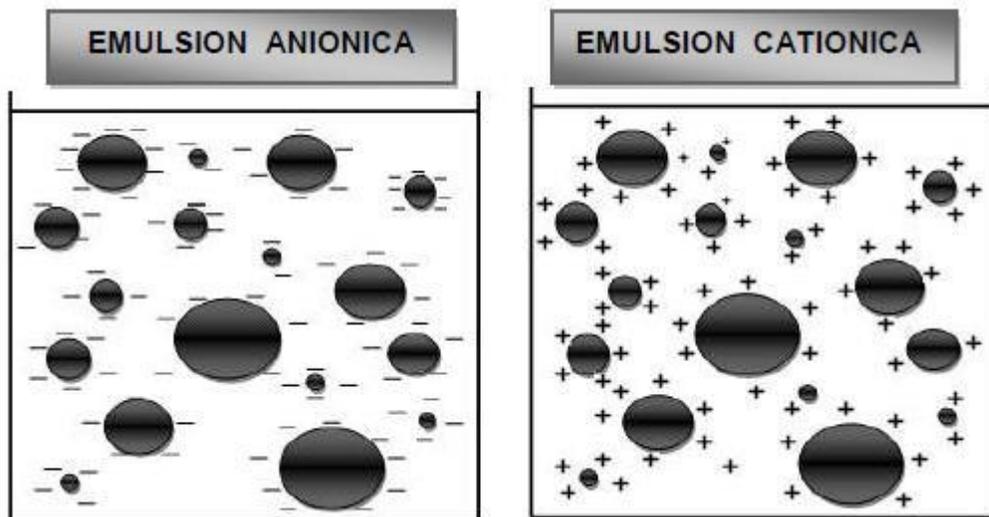


Figura N°03: Presentación Esquemática de una Emulsión Aniónica y Catiónica

Fuente: Cea Carranza, David. (2009)



2.6.3. USOS GENERALES DE LAS EMULSIONES

Cada grado de emulsión asfáltica ha sido diseñado para usos específicos, usado ampliamente en la construcción, entre los que destacan:

- Juntas para pavimentos hidráulicos.
- Adhesivos.
- Selladores.
- Impermeabilizantes.
- Para tratamientos superficiales, para pavimentos asfálticos, en carreteras y Aeropistas.
- Riegos de impregnación.
- Riegos de imprimación o penetración.
- Riegos negros con emulsión diluida.
- Riegos de liga.
- Riegos de sello con arena o gravilla seleccionada.
- Lechada asfáltica o slurry seal (sólo con emulsiones asfálticas).
- Bacheo.
- Mezcla cerrada y mezcla abierta.
- Grava - emulsión y arena – emulsión.

En tabla 07 muestra los usos generales de tipos y grados normalizados de emulsiones asfálticas. (Alfaro, 2016, págs. 37-38)

a) Emulsiones de Rotura Rápida (Rapid - Setting).

Los grados de rotura rápida se diseñaron para reaccionar rápidamente con el agregado y revertir de la condición de emulsión a la de asfalto. Se usan principalmente para aplicaciones de riego, con sellos de arena, etc. Los grados RS-2, HFRS-2 y CRS-2 (de rotura rápida) son de alta viscosidad para evitar el escurrimiento. (Alfaro, 2016, pág. 38)

b) Emulsiones de Rotura Media (Médium - Setting).

Las emulsiones de rotura media se diseñaron para ser mezcladas con agregados. Debido a que estos grados de emulsiones se formulan para no romper inmediatamente después del contacto con el agregado, ellos pueden atizarse para revestir una amplia variedad de agregados graduados. Las mezclas con emulsiones de rotura media pueden mantenerse trabajables por lapsos que van de algunos minutos a varios meses, según la formulación. Las mezclas se elaboran en la mezcladora o en plantas ambulantes o en el camino. La emulsión de alta flotación (high float) es una clase especial de emulsión aniónica de rotura media. (Alfaro, 2016, pág. 38)

c) Emulsiones de Rotura Lenta (Slow - Setting).

Los grados de rotura lenta se diseñan para lograr mezclas estables. Se emplean con granulometrías cerradas, con alto porcentaje de finos. Todos los grados de rotura lenta tienen baja viscosidad, que pueden ser aún más reducida con la incorporación de agua. Diluidos, estos grados pueden también ser usados para



riegos de liga y riego pulverizado y como paliativos de polvo. (Alfaro, 2016, pág. 38)

Cuadro N°07: Usos generales de las Emulsiones Asfálticas

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASTM D977 AASHTO M208								ASTM D2397 AASHTO M 140						
	RS - 1	RS - 2	HFRS - 2	MS - 1, HFMS - 1	MS - 2, HFMS - 2	MS - 2h, HFMS - 2h	HFMS - 2S	SS - 1	SS - 1h	CRS - 1	CRS - 2	CMS - 2	CMS - 2h	CSS - 1	CSS - 1h
Mezclas de Asfalto y Agregados															
Mezcla en Planta (en Caliente)						X (A)									
Mezcla en Planta (en Frío)															
Granulometría Abierta					X	X						X	X		
Granulometría Cerrada							X	X	X					X	X
Arena							X	X	X					X	X
Mezclado In Situ															
Granulometría Abierta					X	X						X	X		
Agregado Bien Graduado							X	X	X					X	X
Arena							X	X	X					X	X
Suelo Arcilloso							X	X	X					X	X
Aplicaciones de Asfalto y Agregado															
Tratamientos Superficiales (Simples y Múlt)	X	X	X							X	X				
Sasellado con Arena (Sand Seal)	X	X	X	X						X	X				
Lechada Asfáltica (Slurry Seal)							X	X	X					X	X
Micro-aglomerado (Micro - Sufacing)															X (E)
Sellado doble (Sandwich Seal)			X	X							X				
Cape Seal			X								X				
Aplicaciones Asfálticas															
Riego Pulverizado (Fog Seal)				X (B)				X (C)	X (C)					X (C)	X (C)
Imprimación (Prime Coat)					X (D)			X (D)	X (D)					X (D)	X (D)
Riego de Liga (Tack Coat)				X (B)				X (C)	X (C)					X (C)	X (C)
Paliativo de Polvo (Dust Palliative)								X (C)	X (C)					X (C)	X (C)
Protección con Asfalto (Mulch treatment)								X (C)	X (C)					X (C)	X (C)
Sellado de Fisuras (Crack Filler)								X	X					X	X
Mezclas de Mantenimiento															
Uso Inmediato							X					X	X		
Acopio							X								
<p>A: Pueden emplearse otros grados que el HFMS - 2h cuando la experiencia demuestra que han tenido un comportamiento satisfactorio</p> <p>B: Diluido en agua por el fabricante.</p> <p>C: Diluido en agua</p> <p>D: Mezclado sólo para imprimación.</p> <p>E: El polímero debe incorporarse durante o previamente a la emulsificación.</p>															

Fuente: Gonzales Escobar, Wilfredo. (2007)

2.7. TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA

Los Riegos con gravilla se constituyen de una combinación de ligante hidrocarbonado y gravilla, utilizándose para restituir las propiedades superficiales del camino e incluso como capa de rodadura en caminos rurales o de bajo volumen de tráfico. Este tipo de mantenimiento a los que comúnmente se conoce como tratamientos superficiales se definen como la aplicación de uno o varios riegos de ligante seguidos de una o varias extensiones de gravilla, con la finalidad de conseguir una capa de rodadura de similar espesor al tamaño del árido empleado (Ótoya, 2015, pág. 54)

2.7.1. CLASIFICACIÓN

En función del número de aplicaciones de ligante/árido, se distinguen diversos tipos de riego con gravilla:

a) **Riegos monocapa:** Formados por una única aplicación de ligante, seguida de la extensión de una sola capa de gravilla. Se denominan simples tratamientos superficiales o más abreviadamente STS. (Ótoya, 2015)

b) **Riegos bicapa:** Constituidos por dos aplicaciones sucesivas de ligante y árido de tal manera que existe una relación entre la dosificación de ligante y los tamaños de árido de ambas aplicaciones. También conocidos como dobles tratamientos superficiales o DTS. (Ótoya, 2015, pág. 54)

c) **Riegos monocapa doble engravillado:** Situación intermedia entre los dos anteriores, consiste en la realización de un solo riego de ligante, seguido de la

extensión sucesiva de una capa gruesa y otra más fina que ocupe los huecos dejados por la primera. (Ótoya, 2015, pág. 54)

d) Riegos sándwich: Tratamientos especiales empleados en carreteras de baja intensidad de tráfico, donde primero se extiende una capa de grava que actúa a modo de anclaje para posteriormente regar con ligante y extender una gravilla de menor tamaño que la anterior. (Ótoya, 2015, pág. 54)

e) Riegos multicapa: Este tipo de tratamientos se basa en la extensión de múltiples capas de gravilla regadas con ligante. Destacan los triples tratamientos superficiales (TTS), aunque actualmente están en desuso dado que es más económico aplicar una capa delgada de aglomerado asfáltico (Ótoya, 2015, pág. 54)

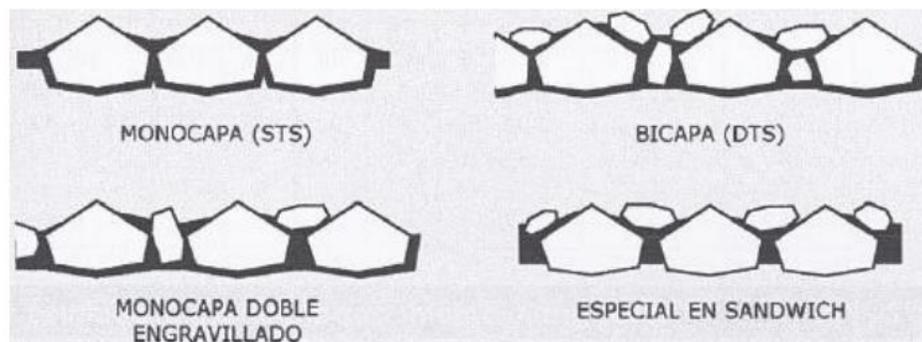


Figura N°04: Tipos de Mantenimiento Superficiales con Gravilla

Fuente: *Blazquez, 2008*

2.7.2. VENTAJAS

- Durabilidad comparativamente elevada sobre todo si está bien ejecutada, preferiblemente en el periodo de estival, dada la mayor adhesividad ligante-árido. (Ótoya, 2015, pág. 55)

- Su aplicación despierta interés en vías de bajo volumen de tráfico o caminos rurales, vecinales o en la pavimentación de calles en núcleos reducidos de población. (Ótoya, 2015, pág. 55)
- Toleran mejor las deformaciones que los aglomerados asfálticos al ser más deformables que estos, por lo que su empleo es recomendable en terraplenes con grandes asientos. (Ótoya, 2015, pág. 55)
- **Económicas**, son mucho más asequibles que las mezclas bituminosas en caliente. (Ótoya, 2015, pág. 55)
- **Son de rápida ejecución.**
- Es un método de **bajo consumo energético**, por los siguientes motivos:
 - No se necesita calentar los áridos a diferencia de las mezclas bituminosas en caliente.
 - El ligante solamente se calienta sin sobrepasar los 100 °C, en cambio en mezclas bituminosas en caliente se necesita calentar el betún entre 150 - 180°C.
 - La mezcla se hace in situ en obra.
 - Se interpreta todo esto en una reducción de la energía y por ello una reducción de emisiones de CO₂.
 - Permite el empleo de áridos locales, que elimina el transporte de este tipo de materiales desde grandes distancias. (Ótoya, 2015, pág. 55)
- **Seguridad**, porque los riegos con gravilla aportan un nivel de macrotextura, regulable en función del tamaño de los áridos empleados, que no logra ninguna otra técnica. (Ótoya, 2015, pág. 55)

- **Protección de firme tratado**, ya que garantiza la impermeabilización del firme, no aporta directamente capacidad portante, pero permite optimizar la capacidad de soporte de las capas inferiores (Ótoya, 2015, pág. 55)

2.7.3. COMPONENTES

El mantenimiento convencional Bicapa está compuesto por Agregado pétreo y Ligante asfáltico. (Ótoya, 2015, pág. 56)

2.7.3.1. Agregado Pétreo

Para la ejecución del tratamiento superficial los agregados pétreos deben cumplir con las exigencias de calidad, indicadas en el Cuadro N°08.

Cuadro N°08: *Exigencias de Calidad de los agregados*

Ensayos	Especificaciones
Partículas del Agregado con una Cara Fracturada (MTC E210)	85% Min.
Partículas del Agregado con dos Caras Fracturadas (MTC E210)	60% Min.
Partículas chatas y alargadas (MTC E-211)	15% Max.
Abrasión (MTC E 207)	40% Max.
Pérdida de Sulfato de Sodio (MTC E 209)	12% Max.
Pérdida de Sulfato de Magnesio (MTC E 209)	18% Max.
Adherencia (MTC E 519)	95
Terrones de Arcilla y Partículas Friables (MTC E212)	3% Max.
Sales Solubles Totales (MTC E219)	0.5% Max.

Fuente: *MTC – EG - 2013*

Además, los agregados triturados y clasificados deberán presentar una gradación uniforme, que se ajustará a alguna de las franjas granulométricas que se indican en los cuadros N° 09 (a) y N°09 (b). (Ótoya, 2015, pág. 56)

Cuadro N°09 (a): Rangos de Gradación para Tratamientos

Superficiales

N° de Huso	Tamaño Normal del Agregado	Tipo de material (Porcentaje que pasa)				
		1 1/2" (37,5mm)	1" (25,0mm)	3/4" (19,0mm)	1/2" (37,5 mm)	3/8" (9,5 mm)
5	25,0 mm a 12,5mm (1" a 1/2")	100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5
6	19,0 mm a 9,5mm (3/4" a 3/8")		100	90 - 100	20 - 55	0 - 15
7	12,5 mm a 4,75mm (1/2" a #4)			100	90 - 100	40 - 70
8	9,5 mm a 2,36mm (3/8" a #8)				100	85 - 100
9	4,75 mm a 1,18mm (#4 a #16)					100

Fuente: MTC – EG - 2013

Cuadro N°09 (b): Rangos de Gradación para Tratamientos

Superficiales

N° de Huso	Tamaño Normal del Agregado	Tipo de material (Porcentaje que pasa)			
		N°4	N°8	N°16	N°50
5	25,0 mm a 12,5mm (1" a 1/2")				
6	19,0 mm a 9,5mm (3/4" a 3/8")	0 - 5			
7	12,5 mm a 4,75mm (1/2" a #4)	0 - 15	0 - 5		
8	9,5 mm a 2,36mm (3/8" a #8)	10 - 30	0 - 10	0 - 5	
9	4,75 mm a 1,18mm (#4 a #16)	85 - 100	10 - 40	0 - 10	0 - 5

Fuente: MTC – EG - 2013

2.7.3.2. Ligante Asfáltico

La misión básica de los ligantes en los TSRG es asegurar el pegado de las gravillas al soporte. Con este fin es necesario que el ligante esté suficientemente adherido a las propias gravillas y al soporte (adhesividad activa), que ésta adherencia sea duradera incluso en presencia de agua (adhesividad pasiva) y que el propio ligante tenga suficiente resistencia interna para no romper frente a los esfuerzos del tráfico (cohesión). Las principales ventajas que tienen las emulsiones sobre los ligantes anhidros (betunes y betunes modificados) son:

- La época de empleo a lo largo del año es mucho más extensa ya que pueden utilizarse incluso en condiciones de relativo frío y humedad. (Ótoya, 2015, pág. 59)
- Se aplican en frío o con un ligero calentamiento, lo que supone ahorro y menores riesgos ambientales y de seguridad. (Ótoya, 2015)
- Son más flexibles en la ejecución ya que ofrecen más margen de tiempo, sin perder eficacia, entre la aplicación del ligante y el árido. (Ótoya, 2015, pág. 59)
- Su baja viscosidad inicial permite un fácil mojado del árido y por tanto un mejor contacto del ligante. (Ótoya, 2015, pág. 59)

Las características de las emulsiones más adecuadas de los TSRG tratan de garantizar aspectos esenciales como:

- **Almacenabilidad:** Son fundamentales un tamaño de partícula medio y una distribución granulométrica adecuados, así como la ausencia de porciones de ligante mal emulsificados. Esto queda controlado con los ensayos de sedimentación y tamizado. (Ótoya, 2015, pág. 60)

- **Manejabilidad:** Definida por la viscosidad, en la que a su vez influye el porcentaje de betún y fluidificante, así como el tamaño y forma de las partículas. Una viscosidad muy alta limita una fácil aplicación en frío; por el contrario si es muy baja es dificultoso conseguir una dosificación homogénea por el escurrimiento, en especial en las zonas con pendientes fuertes. (Ótoya, 2015, pág. 60)

- **Calidad del ligante residual:** Definida por la adecuación de la dureza del mismo, (penetración) en relación con la climatología de la zona, tráfico, etc., así como su resistencia a reblandecerse, romper y recuperar (punto de reblandecimiento, ductilidad, retorno elástico). (Ótoya, 2015, pág. 60)
 - Dosificación del árido de cada capa
 - Dosificación de ligante de cada capa

Las características básicas de los Ligantes asfálticos se presentan en la Cuadro N° 10:

Cuadro N°10: Especificaciones para Emulsiones Catiónicas

Tipo	Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta				Rotura rápida	
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		CQS -1H	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Prueba sobre Emulsiones														
Viscosidad Saybol t Furol a 25°Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20	100	20	100
Viscosidad Saybol t Furol a 50°Cs	20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-	-	-	-
Estabilidad de Almacenamiento, 24h, %(**)	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demulsibilidad, 35 cm ³ , 0.8% Diocilsulfosuccinato sódico, %	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revestimiento y Resistencia al agua														
Revestimiento agregado seco					Bueno					Bueno				
Revestimiento, agregado seco después del rociado					Aceptable					Aceptable				
Revestimiento agregado húmedo					Aceptable					Aceptable				
Revestimiento agregado húmedo después de rociado					Aceptable					Aceptable				
Carga de Partícula	Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo	
Prueba de Tamíz (**)	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
Mezcla con Cemento, %									-	0,2	-	0,2		
Destilación:														
Destilación con aceite, por volúmenes de emulsión	-	3	-	3	-	12	-	12						
% Residuo	60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-	57	-
Pruebas sobre el Residuo de destilación														
Penetración, 25°C, 100 g. Ss	100 (*)	250 (*)	100 (*)	250 (*)	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90
	50 (*)	150 (*)	50 (*)	150 (*)										
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	40		40		40		40		40		40		40	
Solubilidad Tricloretileno, %	97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5	

Fuente: MTC, 2014

(*) CQS-1h, emulsión que debe cumplir los requisitos considerados en la norma D 3910.

(**) Este requerimiento de prueba en muestras representativas se exige.

Fuente: MTC – EG - 2013

2.7.4. DOSIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

En los riegos bicapa (DTS), las granulometrías y dotaciones de ligante de la segunda capa están estrechamente interaccionadas con las utilizadas en la primera aplicación.

Un procedimiento sencillo de dosificación sancionado por la experiencia es la llamada regla del décimo, en la que partiendo de los tamaños máximos (D) y mínimos (d) de la gravilla a emplear puede conseguirse tanto la dotación de árido como la de ligante, usando una simple división. La citada expresión es la siguiente:

$$A = \frac{D + d}{2}$$

Donde A es la dotación de gravilla, expresada en l/m²

“D” es el tamaño máximo del árido empleado en la gravilla en mm.

“d” es el tamaño mínimo del árido, expresado también en mm. (Ótoya, 2015, pág. 63)

El máximo valor del coeficiente de desgaste Los Ángeles del árido grueso, según la Norma NLT-149/72, será fijado por el Pliego de prescripciones Técnicas particulares.

El mínimo valor del coeficiente del pulido acelerado, según las normas NLT-174/72 y NLT-175/72, será fijado por el Pliego de prescripciones técnicas particulares. A fin

de facilitarnos la labor, la EG-2013 facilita las siguientes dotaciones de gravilla, recogidas en el Cuadro N°11. También se recogen las distintas dosificaciones de ligante para los tratamientos dobles superficiales. (Ótoya, 2015, pág. 63)

Cuadro N°11: *Cantidades Aproximadas de materiales para
Tratamientos Superficiales Dobles*

Aplicaciones	Tamaño Nominal del agregado	N° Huso (b) Granulométrico	Cantidad de Agregado m³/m²	Cantidad de (a) Asfalto l/m²
1ra Aplicación	25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	5	0,017	1,90
2da Aplicación	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n°4)	7	0,008	1,18
1ra Aplicación	19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")	6	0,012	1,68
2da Aplicación	9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a n°8)	9	0,006	0,91

Fuente: *MTC – EG - 2013*

(a) La experiencia que las cantidades indicadas deben incrementarse entre un 5 y un 10% cuando los materiales bituminosos se aplicados con poco o ningún calentamiento.

(b) Según en la ASTM D 448 (MTC-SGGP, 2014)

2.7.5. EQUIPO

El equipo consta de lo siguiente:

- 01 Cisterna imprimador 6x2 178-210HP
- 01 Rodillo Neumático AUTOP 81-100HP 5.5
- 01 Tractor de Tiro 80HP
- 01 Compresora de Aire 85 HP

- 01 Camión 2.5 Tn
- 01 Zaranda Metálica $\Phi 1/2''$ / DIM: 3m x 4m
- 02 Camioneta Operada
- 01 Retroexcavadora
- 01 Camión esparcidor de Agregado (Ótoya, 2015, pág. 64)

2.7.5.1. Cisterna de Riego

Habitualmente es de forma elíptica, con capacidad variable entre los 5.000 y 20.000 l, calorifugada para que las pérdidas de temperatura no excedan de media los 2°C/hora. Si la aplicación con la cisterna se hace extensa a ligantes anhidros debe también estar proporcionada de un sistema de calentamiento que garantice la temperatura deseada del producto en el momento de su empleo. La cisterna deber ir dotada de termómetros para el control de temperatura y de indicadores de nivel. Asimismo debe acondicionarse de todos aquellos sistemas de seguridad que la aplicación y el transporte de estos productos sean exigidos en la reglamentación vigente. Para la aplicación del ligante a través de la rampa de pulverización, los sistemas de gravedad o presión de aire en el interior de la cuba prácticamente no se utilizan, siendo los más frecuentes los de:

- Presión constante.
- Volumen constante.
- Dosificación constante. (Ótoya, 2015)

El primer sistema exige el empleo de un pequeño compresor, cuya misión es la de reponer las pérdidas de altura por vaciado del tanque. La alimentación a

volumen uniforme es el procedimiento más extendido, y la impulsión se lleva a cabo mediante bomba volumétrica. Todo el ligante distribuido por la bomba a la rampa va a la carretera. En este caso, es posible variar la dosificación, bien haciendo variar la velocidad de rotación de la bomba, bien variando la velocidad de avance del camión (Ótoya, 2015, pág. 65)



Figura N°05: Cisterna de Riego de Ligante

Fuente: *Conserminc, 2014*

Los esparcidores de emulsión están equipados con las capacidades de un tanque variando de 800 a 5,500 galones (3,028 L a 20,819 L) y son capaces de manejar productos de aplicaciones ligeramente frías de asfalto emulsionado, a cementos pesados de asfalto calentado, al tratamiento de viscosidad. En el extremo posterior del tanque, se encuentra adjuntado un irrigador de emulsión con boquillas. Los irrigadores de asfalto pueden cubrir superficies de seis a 30 pies (1.8 m a 9 m) dependiendo del ancho de la pluma y de la capacidad de la bomba. La mayoría de los esparcidores también están equipados con irrigadores de mano para alcanzar las áreas no cubiertas por el irrigador de asfalto, como también para subsellar las losas rígidas del pavimento. (Ótoya, 2015, pág. 66)

Sistema de circulación

Una bomba propulsada con un motor activa al sistema de circulación. Esto permite que el relleno del tanque esparcidor, circule el material del tanque, al irrigador de emulsión, y hacia la superficie. Asimismo es capaz de transportar el exceso de material desde la barra, hacia el tanque, y hacia dentro de una fuente de retención exterior. (Ótoya, 2015, pág. 66)

Irrigador de emulsión

Es esencial que el irrigador de emulsión tenga una presión constante en toda su longitud para la salida uniforme de todas las boquillas. Los procedimientos para mantener la presión pueden variar con el modelo o el fabricante; algunos controlan la presión con velocidades de bomba ajustables en tanto otros utilizan una velocidad de la bomba constante y una válvula de descompresión. La velocidad correcta de la bomba ni atomiza ni distorsiona al spray fan, en tanto la presión no-uniforme resulta en la formación de franjas en la superficie siendo rociada. Demasiada presión puede también ser perjudicial, por ello es que cada manufacturero entrega tablas de velocidad de bombeo y presión para determinar la descarga en volumen por minuto para cada tamaño de las boquillas. (Ótoya, 2015, pág. 66)

Es también extremadamente importante tener la bombilla de tamaño correcto para el tipo de emulsión, como también el índice de aplicación apropiada. El ángulo del largo eje de cada abertura de las boquillas se debe ajustar para

cerciorarse de que los spray fans no obstaculicen el uno con el otro. Mientras que los ángulos pueden variar con el modelo y el fabricante, frecuentemente se extienden entre 0.26 y 0.52 radianes o de 15 a 30 grados. (Ótoya, 2015, pág. 66)

La altura de la barra a través de la irrigación debe ser uniforme y no puede ser tan alta que distorsión por el viento pueda ocurrir. Para resultados óptimos, el irrigador de emulsión no debe exceder las 0.5 pulgadas (1.27 cm.). Esta altura debe ser mantenida incluso en tanto la carga se aligera. Para restringir la variación en altura, algunos modelos tienen el bastidor sujeto a los resortes del vehículo, mientras que otros utilizan controles mecánicos. (Ótoya, 2015, pág. 67)

Controles

El sistema de control en un esparcidor de emulsión es extremadamente importante porque permite a cada aspecto del vehículo ser supervisado y controlado desde la cabina del operador. Consiste de un sistema de válvula que controla el flujo de material, de un tacómetro de la bomba, o de un manómetro de presión para registrar las salidas de la bomba, y un bitumeter. El bitumeter mide el índice de recorrido en distancia (pies) por minuto. Se compone de una rueda de goma sujeta a un bastidor retractable, que gira para medir el exacto índice de recorrido. Un cable está conectado a la rueda y exhibe los datos en la cabina del operador. La rueda bit debe revisarse a menudo para asegurar que ésta está libre de escombros o los resultados serán inexactos. (Ótoya, 2015, pág. 67)

Unidades de remolques

Los esparcidores de emulsión sobre remolques pueden venir con o sin el tanque aislado. Sin éste, pueden ser empleados como una bomba estacionaria para la transferencia de líquido bitumen desde el fundidor de asfalto hasta los depósitos de almacenamiento en un montaje de drumming fijado. Éstos también pueden ser montados con un irrigador de emulsión y ser remolcados detrás de una unidad con un tanque para aplicar una capa superficial de asfalto. Unidades de remolques con los tanques aislados operan con el mismo y exacto principio que los esparcidores de emulsión montados en camiones. Sin embargo, la mayoría de los remolques son considerablemente más pequeños que sus contrapartes montadas sobre camiones. (Ótoya, 2015, pág. 67)

2.7.5.2. Esparcidora de Sello de Agregado

Está especialmente diseñada para esparcir agregado durante la construcción de carreteras. Hay tres modelos disponibles: esparcidora de sello auto-propulsada SS4000, esparcidora de sello tipo rodante o pull SS3000C esparcidora de sello tipo elevada XS3000B. (Ótoya, 2015, pág. 68)



Figura N°06: Esparcidora de agregados

Fuente: *Conserminc, 2014*

A. Esparcidora de sello auto-propulsada SS4000

Con un gran monto de difusión, la esparcidora de sello auto-propulsada puede respetar los requisitos de propagación de diferentes agregados y es especialmente adecuada para la construcción continua dentro de un área grande. (Ótoya, 2015, pág. 68)

Se compone principalmente de motor, marco, tren de potencia, tolva de recepción, tolva de propagación con taladro y rodillo de propagación, cintas transportadoras, plataforma de operación, sistema hidráulico, sistema neumático, sistema de control computarizado, sistema de seguimiento, enganche hidráulico, etc. (Ótoya, 2015)

Durante el trabajo, el camión retrocede el esparcidor, y se engancha automáticamente a la esparcidora de sello, eleva el volquete y abre la puerta trasera. En seguida, las piedras fluyen hacia la tolva de recepción donde son

recogidas por dos cintas transportadoras. Las cintas transportadoras trasladan el material a la tolva de propagación, la cual está equipada con una serie de compuertas radiales que se ajustan fácilmente a la anchura de propagación deseada. En tanto la tolva de propagación es cargada, el esparcidor de gravilla autopropulsado se inicia y tira del carro detrás de ella. (Ótoya, 2015, pág. 70)

La apertura de la puerta principal y la velocidad del esparcidor de gravilla están controladas, mediante una computadora y el operador de la esparcidora de sello es fácilmente visible, para asegurar la unión longitudinal. Cuando el camión está vacío, es liberado por el operador. Luego la esparcidora de sello autopropulsado se une a otro camión y este último vuelca su carga, mientras que la esparcidora de sello sigue extendiéndose.

- Cisterna Imprimador: Consiste en un carro tanque imprimador del ligante asfáltico de las características descritas anteriormente.
- Rodillo Neumático: Se utilizan rodillos neumáticos de un peso superior a tres toneladas (3tn.). Sólo se emplean rodillos neumáticos, a juicio del Supervisor, su acción no produce fractura de los agregados pétreos.
- Tractor de Tiro: Se emplea para jalar al camión esparcidor de agregado, es un vehículo especial de autopropulsado.
- Compresora de Aire: Se emplea para sopletar la vía, para quitarle el exceso de polvo o tierra que pudiera existir en ella.
- Camión de 2.5 tn: Se emplea para transportar material de la ciudad ó cantera hacia el campamento del proyecto.

- Zaranda Metálica: Se utiliza la zaranda para escoger el material que pasa por ella para la mezcla del material a utilizar para el mantenimiento de la vía.
- Retroexcavadora: Sirve como ayuda para zarandear el material apilado en el campamento.
- Camión esparcidor de Agregado: Se empleó distribuidoras de agregados mecánicas acopladas a un tractor de tiro, que sean aprobados por el Supervisor y garantice un esparcido uniforme del agregado. (Ótoya, 2015, págs. 70-71)

2.7.6. PROCESO CONSTRUCTIVO Y EJECUCIÓN

El éxito de un riego descansa fundamentalmente en su correcta ejecución, de manera que se estudió cuidadosamente las condiciones y procedimientos de puesta en obra.

Los principales puntos a controlar durante la ejecución son los siguientes:

- a) Superficie existente:** Debe estar limpia, exenta de polvo, por lo que primeramente es necesario efectuar un barrido enérgico, e incluso aplicar un riego de liga si la capa no ha sido tratada con anterioridad. Asimismo debe mostrar cierta impermeabilidad, para prevenir el exceso de penetración del ligante y una capacidad portante adecuada para que el árido no se incruste. (Ótoya, 2015, pág. 71)
- b) Aplicación del ligante:** El riego se lleva a cabo mediante una regadora con barra distribuidora (figura N° 18) o manualmente mediante una lanza, siempre que se trate de pequeñas superficies o recodos. Se asegurará una extensión continua,

homogénea y uniforme del ligante, calentándose anteriormente si fuera necesario.
(Ótoya, 2015, pág. 71)

- c) Extensión de la gravilla:** Este procedimiento se efectúa seguidamente después al anterior, para evitar que el ligante se enfríe o rompa antes de tiempo. El árido se coloca en el camino en la proporción anteriormente calculada mediante una extendedora de gravilla, verificando en todo momento su uniformidad. (Ótoya, 2015, pág. 71)
- d) Compactación:** Se realiza preponderantemente con compactadores de neumáticos lisos de alta presión; de la misma manera ocurría anteriormente, su ejecución debe ser inmediatamente posterior al extendido, de forma que el ligante aún no se haya enfriado o haya roto. No es conveniente emplear rodillos metálicos de llanta lisa, ya que su excesivo peso puede incrustar el árido en exceso o disgregarlo, modificando su granulometría. (Ótoya, 2015, pág. 71)
- e) Apertura al tráfico:** No es favorable abrir el tramo al tráfico antes de un plazo razonable, de forma que el ligante adquiera cierta viscosidad que el permita retener los áridos. En todo caso, puede permitirse la circulación de vehículos a bajas velocidades –menos de 30 km/h- durante las primeras horas. De cara a obtener un menor rendimiento, los dobles tratamientos superficiales emplean un equipo que permite la ejecución simultánea de las dos capas de gravilla, sucediéndose inevitablemente las operaciones de riego, extensión y apisonado. Otro aspecto que ya hemos comentado, y que facilita la puesta en obra de los diversos materiales es la climatología: los áridos deben ponerse en obra preferiblemente en tiempo cálido, seco y sin existencia de fuertes vientos. (Ótoya, 2015, pág. 71)



CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS





3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Investigación Proyectiva

Se trabajó con la siguiente relación:

- Propuesta → Proceso Causal → Evento a Modificar

3.2. UNIVERSO O POBLACIÓN

Carretera Cambio Puente – Cascajal, Distrito de Chimbote – Provincia del Santa –
Departamento Ancash.

3.3. ESTRATEGIA DE ESTUDIO

3.3.1. Procedimientos realizados in situ

3.3.1.1. Índice Medio Anual IMDA

a) Conteo Continuo de 24 horas:

Para la encuesta del desplazamiento de las personas en la vía se tuvo que realizar en una sola estación la que se ubicó en la Garita de Control 1+340 Km.

La encuesta se llevó a cabo en los meses de Marzo y Agosto del 2018 debido a que en estos meses en la zona de estudio se lleva a cabo la temporada de cosecha de arroz generando comercio y por lo tanto se tiene una mayor cantidad de tráfico

Cuadro N°12: Plantilla de Conteo de Vehículos Clasificados

RESUMEN DEL CONTEO VEHICULAR POR DIA												
FECHA	VEHICULO LIGERO					VEHICULO PESADO					TOTAL	
	MOTOCICLETA	AUTO	CAMIONETA	COMBI	MICRO	BUS	CAMION		SEMI TRAILER			
DATOS TOMADOS EN LA ESTACION N°01 "GARITA DE CONTROL"												
						2E	2E	3E	4E			
LUNES	13/05/2018	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MARTES	14/05/2018	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIERCOLES	15/05/2018	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JUEVES	16/05/2018	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIERNES	17/05/2018	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SABADO	18/05/2018	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DOMINGO	19/05/2018	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		448	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: *Elaboración Propia*

b) Índice Medio Diario Semanal:

El Promedio de Tráfico Diario Semanal o Índice Medio Diario Semanal (IMDS), se consigue a partir del volumen diario registrado en el conteo vehicular, aplicando la siguiente fórmula:

$$IMDS = \Sigma Vi / 7$$

Donde:

Vi: Volumen Vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo

c) Factores de Corrección Estacional:

Puesto que el flujo vehicular se llevó a cabo en una muestra de un periodo de una semana y necesitándose calcular el comportamiento anual del tránsito, para determinar el IMDA, es necesario usar factores de corrección que permitan expandir el volumen de esa muestra al universo anual.

➤ **Factores de Corrección Estacional para Vehículos Pesados**

Se tomaron valores obtenidos del Cuadro N°02 del Informe Técnico de Flujo Vehicular por Unidades de Peaje publicado por el INEI para el mes de mayo, que se adecúan a la incidencia estacional presente en la carretera en Estudio.

Perú: Índice del Flujo de Vehículos Pesados, 2016 - 2018 (Año Base 2007 = 100,0)					
Mes	2016	2017 P/	2018 P/	Variación Porcentual	
				Mensual ^{1/}	Anual ^{2/}
Ene.	157,0	159,0	165,2	3,9	1,0
Feb.	147,9	146,2	153,5	4,9	1,5
Mar.	151,2	136,3	154,2	13,1	3,3
Abr.	147,7	139,4			
May.	149,9	154,9			
Jun.	144,6	150,0			
Jul.	152,9	157,2			
Ago.	158,3	162,8			
Set.	153,1	157,8			
Oct.	159,0	162,9			
Nov.	156,4	160,6			
Dic.	166,0	170,9			
Promedio	153,7	154,8			

^{1/} Respecto a similar mes del año anterior.
^{2/} Últimos doce meses, respecto a similar periodo anterior.
Nota: A partir de julio 2016, se publica el Índice del Flujo de Vehículos Pesados con año base 2007.
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - PROVIAS Nacional
Elaboración: Instituto Nacional de Estadística e Informática - OTED.

Figura N°07: Índice de Flujo de Vehículos Pesados, 2016 - 2018

Fuente: Flujo Vehicular por Unidades de Peaje (INEI)

$$F.C.E.Vehiculos Pesados = \left(\frac{IMDA}{IMDMes} \right)$$

➤ **Factores de Corrección Estacional para Vehículos Ligeros**

Se tomaron valores obtenidos del Cuadro N°04 del Informe Técnico de Flujo Vehicular por Unidades de Peaje publicado por el INEI para el mes de mayo, que se adecúan a la incidencia estacional presente en la carretera en Estudio.

Perú: Índice del Flujo de Vehículos Ligeros, 2016 - 2018 (Año Base 2007 = 100,0)					
Mes	2016	2017 P/	2018 P/	Variación Porcentual	
				Mensual ^{1/}	Anual ^{2/}
Ene.	257,3	277,9	289,4	4,2	2,6
Feb.	246,1	247,2	265,9	7,6	3,3
Mar.	236,6	220,0	257,9	17,3	5,2
Abr.	203,9	217,5			
May.	209,4	215,0			
Jun.	207,1	219,2			
Jul.	260,1	268,1			
Ago.	241,3	248,9			
Set.	213,1	219,0			
Oct.	229,4	235,7			
Nov.	223,9	230,7			
Dic.	264,7	277,2			
Promedio	232,7	239,7			

^{1/} Respecto a similar mes del año anterior.
^{2/} Últimos doce meses, respecto a similar periodo anterior.
Nota: A partir de julio 2016, se publica el Índice del Flujo de Vehículos Ligeros con año base 2007.
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - PROVIAS Nacional
Elaboración: Instituto Nacional de Estadística e Informática - OTED.

Figura N°08: Índice de Flujo de Vehículos Ligeros, 2016 - 2018

Fuente: Flujo Vehicular por Unidades de Peaje (INEI)

$$F.C.E.Vehiculos Ligeros = \left(\frac{IMDA}{IMDMes} \right)$$



d) Índice Medio Diario Anual (IMDA):

El Promedio de Tráfico Diario Semanal o Índice Medio Diario Semanal (IMDS), se obtiene a partir del volumen diario registrado en el conteo vehicular, aplicando la siguiente fórmula:

$$IMD_a = IMD_s * FC$$

IMDS =	Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
IMDa =	Índice Medio Anual
Vi =	Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo
FC =	Factores de Corrección Estacional

3.3.1.2. Calicatas

Se realizó un programa de reconocimiento de campo, sondeo de calicatas y recaudación de muestras para ser analizadas en el laboratorio, con el fin de identificar y llevar a cabo la evaluación geotécnica del suelo a lo largo de la vía. El número mínimo de calicatas por kilómetro será de acuerdo el cuadro N°13 y la profundidad alcanzada en las excavaciones es de 1.50 m, por debajo de la sub rasante proyectada y ubicadas en forma distribuida en toda el área en estudio.

Cuadro N°13: Número de Calicatas para Exploración de Suelos

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

Fuente: MTC – Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos

3.3.2. Procedimientos realizados en el Laboratorio

3.3.2.1. Obtención en Laboratorio de Muestras Representativas (Cuarteo)

Se colocó el material traído del campo sobre una superficie dura, limpia y horizontal evitando cualquier pérdida de masa del suelo o la adición de sustancias extrañas.

Se mezcló bien hasta moldear una pila con aspecto de cono, repitiendo esta operación cuatro veces.

Se tomó cada parte de la base y se depositó en el lado superior del cono, de modo que el material caiga uniformemente por los lados del mismo.

Con mucho cuidado se aplanó y extendió la pila cónica hasta tener una base circular, de espesor y diámetro uniforme, presionando hacia abajo con la cuchara de la pala, de modo que cada cuarteo del sector contenga el material original. El diámetro debe ser aproximadamente cuatro a ocho veces el espesor.

Luego se procedió a dividir el material diametralmente en cuatro partes iguales, separando dos cuartos diagonalmente opuestos, implicando todo el material fino y posteriormente se limpió con cepillo o escoba los espacios libres. Los dos cuartos que restan se mezclaron continuamente y se repitió la operación hasta alcanzar la cantidad de muestra requerida.

3.3.2.2. Análisis Granulométrico

Luego del procedimiento del cuarteo se obtuvo una muestra representativa de la masa del suelo, la cual posteriormente se secó en el horno. A continuación se redujeron los terrones de la muestra a tamaños de partículas elementales.

Una vez reducido el material se procedió a realizar la granulometría gruesa vertiendo el suelo a través de los tamices: 3”, 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, ⅜”, #4, #10, #20, #40, #60, #100 y #200 dispuestos sucesivamente de mayor a menor, colocando al final la cazoleta. El procedimiento de tamizado se hizo manualmente durante diez minutos. Se recuperó el material retenido en cada tamiz cerciorándonos manualmente de que las partículas hayan sido retenidas en el tamiz correspondiente. Por último se pesó el material retenido en cada tamiz.

3.3.2.3. Límites de atterberg

a) Limite liquido

Se colocó la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mezclándose completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. Se realizó más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml. Mezclándose completamente cada incremento de agua con el suelo como se ha descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.

- Al tener suelos con poca capacidad de absorber el agua se procedió a adicionar agua. Los incrementos de agua tan rápidamente que se obtenga un límite líquido falso. Esto puede prevenirse mezclando más y durante un mayor tiempo.
- Una vez mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se origine el cierre, se ubicó una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa en la base, y se comprimió hacia abajo, se extendió el suelo hasta alcanzar la posición mostrada (con tan pocas pasadas de la espátula como sea posible), previniendo la incorporación de burbujas de aire dentro de la masa. Nivelándose el suelo con la espátula y simultáneamente emparejándolo hasta alcanzar una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo. El exceso de suelo se regresó a la Vasija de porcelana.

- Se dividió el suelo en la taza de bronce con pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo a tal modo de llegar a formar una ranura limpia y de dimensiones apropiadas. Para prevenir rasgaduras en los lados de la ranura o deslizamientos de la pasta del suelo a la cazuela de bronce, se realizó hasta 6 pasadas de adelante hacia atrás o de atrás hacia adelante, contando cada recorrido como una pasada; con cada pasada el acanalador debe penetrar un poco más profundo hasta que la última pasada de atrás hacia adelante limpie el fondo de la cazuela.
- Se elevó y golpeo la taza de bronce girando la manija, a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se topen en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5"). Luego se tomó nota del número de golpes necesarios para cerrar la ranura.
- En lugar de fluir sobre la superficie de la taza algunos suelos tienden a deslizarse. Se procedió a agregar más agua a la muestra y se mezcló de nuevo, se hizo la ranura con el acanalador y se repitió el procedimiento antes mencionado; debido a que el suelo siguió deslizándose sobre la taza de bronce a un número de golpes inferior a 25, se indicó que el límite líquido no se puede determinar.
- Se extrajo una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e

incluyéndolo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y se colocó en un recipiente adecuado.

- Se colocó el suelo sobrante en la taza de bronce a la cápsula de porcelana. Se lavó y seco la taza de bronce y el rasurador, se armó de nuevo el aparato del límite líquido para repetir el ensayo.
- Se repitió la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le agrego agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. La finalidad de este método fue conseguir muestras de tal consistencia que aunque sea una de las determinaciones del número de golpes solicitados para cerrar la ranura del suelo se encuentre en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; 20-30; 15-25. De este modo, el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.
- El contenido de humedad del suelo, se calculó expresándolo como porcentaje del peso del suelo secado en el horno como sigue:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

- Se representó la relación entre el contenido de humedad, W_n , y el número de golpes correspondientes, N , de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala

logarítmica. Luego se trazó la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.

Se tomó el contenido de humedad concerniente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo.

b) Límite plástico

- Se moldeó la mitad de la muestra en forma de elipsoide y luego se hizo rodar con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión necesaria para formar cilindros.
- Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.
- El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo.
- En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.
- La porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo a la guía de Determinación del contenido de humedad.
- Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado.



- Se determinó el Límite Plástico mediante el cálculo del promedio de tres contenidos de humedad.

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\%W1 + \%W2 + \%W3}{3}$$

c) Índice de Plasticidad

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$\text{IP} = \text{L.L.} - \text{L.P.}$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

L.P. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).

- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

3.3.2.4. Proctor Modificado

El desarrollo de este ensayo se realizó mediante el Método “A” teniendo en cuenta que las muestras obtenidas en campo tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾” pulg).

METODO "A"

- Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (N° 4).
- Número de capas: 5
- Golpes por capa: 25
- Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz
4,75 mm (N° 4).

Procedimiento

- Se procedió a seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método a ser usado.
- Se reviso que el ensamblado del pisón esté en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastados. Se procedió a realizar cualquier ajuste ó reparación necesaria.
- Se procedió a tomar 5 kg (peso nominal) de suelo secado al aire, desmenuzado para que pase a través del tamiz # 4; luego debe ser mezclado con la cantidad de agua necesaria para alcanzar el contenido de humedad basado en porcentaje de peso seco; la humedad deberá ser, para este primer ensayo, aproximadamente un 3 a 5 % menor que la humedad óptima estimada; debe quedar claro que el suelo y el agua en un ensayo deberían mezclarse con anterioridad y dejarse curar para asegurar su distribución homogénea durante 24 horas cuando se trabaja con suelos cuyos finos sean plásticos.
- Se pesó el molde de compactación, sin incluir la base ni el collar.

- Se midió las dimensiones internas del molde de compactación para determinar su volumen.
- Se compactó el suelo en 5 capas aplicando 25 golpes sobre cada una; se procuró que la última capa quede por sobre la altura del molde de compactación.
- Se retiró cuidadosamente el collar de compactación, evitando girar el collar, se retiró con espátula el suelo que se encontró adherido a los bordes por sobre el nivel del molde; finalmente se enrasó perfectamente la superficie de suelo a nivel del plano superior del molde.
- Se pesó el molde con el suelo compactado y enrasado.
- Se extrajo el suelo del molde y se tomó una muestra representativa para determinar el contenido de humedad.
- Se procedió a desmenuzar el suelo compactado y mezclarlo con suelo aún no utilizado; y se agregó un 2% de agua (en relación a los 5 kg) y se repitió los pasos; realizando la cantidad de ensayos hasta obtener los resultados necesarios para obtener una cantidad de puntos que permita determinar la humedad óptima y la densidad máxima.
- Se extrajo a las 24 horas las muestras colocadas en el horno para poder obtener los pesos secos de las muestras y así calcular el contenido de humedad de cada muestra.
- Se calculó el peso unitario seco y se hizo un gráfico de densidad versus contenido de humedad.

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

Dónde:

ρ_m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m³)

M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)

M_{md} = Masa del molde de compactación (kg)

V = Volumen del molde de compactación (m³)

$$\rho_d = \frac{P_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m³)

w = contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{lbf/pe}^3$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{kN/m}^3$$

Donde:

γ_d = peso unitario seco del espécimen compactado.

- En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, se seleccionó los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{\text{sat}} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100$$



Donde:

- W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- γ_w = Peso unitario del agua 9,807kN/m³ ó (62,43 lbf/ pie³).
- γ_d = Peso unitario seco del suelo.
- G_s = Gravedad específica del suelo.

3.3.2.5. Ensayo de la Relación de Soporte California (CBR)

Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

La cantidad de CBR por kilómetro se tomó de acuerdo a lo establecido en el cuadro N°14

Cuadro N°14: Número de Calicatas para Exploración de Suelos

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

Fuente: MTC – Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos



Procedimiento

- El material que se utilizó para el ensayo se seleccionó de la siguiente manera. Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.
- Antes de compactar el suelo en los moldes, se procedió a tomar una muestra representativa para determinar su contenido de humedad.
- Se procedió a pesar los moldes. Se realizó la verificación ajustando el molde a la base de manera que este firme para poder realizar el ensayo.
- Se insertó el disco espaciador en el molde y se cubrió con un disco de papel filtro.
- Fabricamos 3 moldes de 5 capas cada una, de 12 golpes por capa, 26 golpes por capa de 55 golpes por capa.
- Cuando culminamos la compactación, se quitó el collar y se engrasó el molde por medio de una espátula. Las imperfecciones producidas durante el engrase, se rellenó con material sobrante, comprimiéndolo con la espátula.
- Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base para luego pesar el molde con el suelo compactado y determinar el peso unitario total del suelo.



- Se colocó un disco de papel filtro sobre el suelo, luego la placa perforada con el vástago y sobre estas anillos para ejercer presión suficientes y así obtener la sobrecarga deseada, cuidando que no sea inferior a 4.5 kg.
- Se sumergió el molde y las pesas en un recipiente de agua de forma que el agua tenga acceso tanto a la parte superior como a la parte inferior de la muestra (se colocó pequeños dados en la parte inferior de manera que no obstruya los orificios del molde). Cada molde se sumergió por 72 horas (3 días).
- Al final de las 72 horas de inmersión, se sacó la muestra y se dejó drenar de manera inclinada por espacio de 20 min; luego se secó completamente la superficie superior de la muestra.
- Se pesó la muestra sumergida incluyendo el molde.
- Se volvió a colocar suficientes pesas ranuradas (no menos de 4.5 kg) sobre la muestra de suelo para simular la presión de sobrecarga requerida.
- Luego se colocó la muestra en la máquina de compresión y se sentó el pistón sobre la superficie de suelo utilizando una carga inicial no mayor de 4.5 kg. Se fijó el cero en los deformímetros de medida de carga y de penetración (o deformación).
- Tomamos lecturas de deformación y penetración.
- Por último se procedió a extraer muestras para contenido de humedad.

3.3.3. Método de Diseño para Tratamientos Superficiales Dobles

- **Dosis de agregado:** El agregado una vez compactado, debe cubrir uniformemente la superficie del pavimento. Por ello, el cálculo de la dosis se basa solamente en condiciones geométricas del agregado. Para determinar la dosis de agregado en kg/m², se utiliza la siguiente ecuación:

(Fabricio Leiva Villacorta, 2013, p3)

$$C = (1 - 0.4V)DMP \cdot G \cdot E$$

$$DMP = \frac{T_m}{1.09 + (0.0118 \cdot IL)}$$

$$V = 1 - \frac{W}{1000G}$$

Dónde:

C= Dosis de agregado en kg/m²

V= Vacíos en el agregado, condición suelta (expresado en forma decimal).

DMP= Dimensión mínima promedio.

G= Densidad real seca del agregado (kg/m³)

E = Factor de desperdicio, corrige la dosis por rebote de partículas y depende del tamaño del agregado

T_m= Tamaño medio del agregado, abertura del tamiz teórico por el cual pasa el 50% del agregado (mm).

IL = porcentaje en peso de partículas que tienen su dimensión mínima inferior a 0.6 veces la dimensión media del agregado (Índice Flakiness).

Cuadro N°15: *Factor de Desperdicio*

DMP (mm)	Desperdicio (%)	Factor de desperdicio (E)
< 6.50	5	1.05
6.50 - 8.0	4	1.04
8.1 - 9.50	3	1.03
> 9.50	2	1.02

Fuente: *Estudio comparativo de metodologías de diseño de Tratamientos superficiales bituminosos*

- **Dosis de ligante:** Su cálculo se basa en parámetros geométricos del agregado y parámetros de la emulsión:

$$B = K \left(\frac{0.40 * DMP * T * V + S + A}{R} \right)$$

B= Dosis de aplicación de emulsión en l/m²

K= Factor de corrección que debe ser evaluado por experiencia del diseñador con base en el clima. Su valor normal es 1.0, pero puede ser mayor o menor según el diseñador. En climas tropicales se ha aplicado 0.9, mientras que en climas muy fríos se usa 1.2.

DMP= Dimensión mínima promedio.

T= Factor de tráfico que incorpora el efecto del tráfico en el embebido del agregado.

V= Vacíos en el agregado, en condición suelta (expresado en forma decimal)

S= Factor de corrección por textura superficial (l/m²).

A: Factor de corrección por absorción de asfalto en el agregado (l/m²). Este factor se desprecia salvo que el agregado sea claramente absorbente. Para absorciones por encima del 1.5% se recomienda usar 0.09 L/m².

R= Porcentaje de asfalto residual de la emulsión (expresado en forma decimal).

Cuadro N°16: *Factor T de corrección por nivel de tráfico*

Trafico (veh/día)	Factor T
< 100	0.85
100 - 500	0.75
500 - 1000	0.70
1000 - 2000	0.65
> 2000	0.60

Fuente: *Estudio comparativo de metodologías de diseño de Tratamientos superficiales bituminosos*

Cuadro N°17: *Factor s por textura superficial*

Textura Superficial	Corrección S (L/m ²)
Negra, exudada	-0.04 a -0.27
Suave, no porosa	0.00
Levemente porosa y oxidada	0.14
Con agujeros leves, oxidada	0.27
Muy porosa	0.40

Fuente: *Estudio comparativo de metodologías de diseño de Tratamientos superficiales bituminosos*



CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1. RESULTADOS

4.1.1. CLASIFICACIÓN DE CARRETERA POR DEMANDA

4.1.1.1. INDICE MEDIO ANUAL (IMDA)

El método para los datos obtenidos se encuentra detallado en el ANEXO 02.

Cuadro N°18 (a): Índice Medio Diario (IMD)

Tipo de Vehículo	Lunes 15/03/18	Martes 16/03/18	Miércoles 17/03/18	Jueves 18/03/18	Viernes 19/03/18	Sábado 20/03/18	Domingo 21/03/18
Automovil	47	47	48	48	48	50	50
Camioneta	34	35	35	36	36	37	37
Combi Rural	0	0	0	0	0	0	0
Micro	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	4	4	5	6	6	7	6
Camión 2E	12	12	13	13	13	14	14
Camión 3E	8	8	8	9	9	10	9
Camión 4E	5	6	7	8	8	9	8
Semi trailer	14	15	15	16	17	18	17
TOTAL	124	127	131	136	137	145	141

Fuente: *Elaboración Propia*

Cuadro N°18 (b): Índice Medio Diario Semanal (IMDs)

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD _s
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
Automovil	47	47	48	48	48	50	50	338	48
Camioneta	34	35	35	36	36	37	37	250	36
Combi Rural	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	4	4	5	6	6	7	6	38	5
Camión 2E	12	12	13	13	13	14	14	91	13
Camión 3E	8	8	8	9	9	10	9	61	9
Camión 4E	5	6	7	8	8	9	8	51	7
Semi trailer	14	15	15	16	17	18	17	112	16
TOTAL	124	106	109	112	112	118	116	778	111

Fuente: *Elaboración Propia*

- **Resultados De Los Factores De Corrección**

Aplicando la metodología indicada para ambos casos se obtiene lo siguiente:

- . F.C.E. Vehículos Pesados = **1.025** → Año 2016

- . F.C.E. Vehículos Pesados = **0.999** → Año 2017

- . F.C.E. Vehículos Ligeros = **1.111** → Año 2016

- . F.C.E. Vehículos Ligeros = **1.115** → Año 2017

Promediando los resultados de cada año se obtiene como resultado final:

- . F.C.E. Vehículos Pesados = **1.012**

- . F.C.E. Vehículos Ligeros = **1.113**

Cuadro N°19: Índice Medio Diario Anual

Tipo de Vehículo	TOTAL SEMANA	IMD _s	FC	IMD _a
Automovil	338	48	1.113	54
Camioneta	250	36	1.113	40
Combi Rural	0	0	1.113	0
Micro	0	0	1.113	0
Bus Grande	38	5	1.113	6
Camión 2E	91	13	1.012	13
Camión 3E	61	9	1.012	9
Camión 4E	51	7	1.012	7
Semi trailer	112	16	1.012	16
TOTAL	778	111		145

Fuente: *Elaboración Propia*

En base al resultado obtenido el **IMDA=145 veh/día** lo que tomaremos como referencia para la clasificación de la carretera de acuerdo a la demanda de tráfico.

La carretera en estudio se clasifica como **TROCHA CARROZABLE**

4.1.2. SUELO EN ESTADO NATURAL

En el Cuadro N°20 ubicamos el número de calicatas de exploración por kilómetro tomando como referencia el IMDA obtenido anteriormente.

La carretera en estudio tiene una longitud de 15 km, lo que nos dio como resultado un total de 16 calicatas referenciadas desde C-01 hasta C-16.

4.1.2.1. Clasificación de Suelos en estado natural

Posteriormente las muestras extraídas fueron llevadas a laboratorio para el desarrollo de los ensayos correspondientes que se encuentran en el ANEXO 03.

Cuadro N°20: Resultados del Clasificación, estado natural

CALICATA N°	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C-01	SM	A - 2 - 4 (0)	NP	NP	NP
C-02	SM	A - 2 - 4 (0)	NP	NP	NP
C-03	SM	A - 2 - 4 (0)	26	17.04	8.096
C-04	SM	A - 4 (0)	NP	NP	NP
C-05	SM	A - 2 - 4 (0)	NP	NP	NP
C-06	SM	A - 2 - 4 (0)	NP	NP	NP
C-07	SP	A - 3 (0)	NP	NP	NP
C-08	SM	A - 2 - 4 (0)	26	19.87	6.13
C-09	SP	A - 3 (0)	NP	NP	NP
C-10	SM	A - 4 (0)	NP	NP	NP
C-11	SM	A - 2 - 4 (0)	NP	NP	NP
C-12	SM	A - 2 - 4 (0)	NP	NP	NP
C-13	SP	A - 1b (0)	NP	NP	NP
C-14	SC	A - 2 - 6 (0)	NP	NP	NP
C-15	SP	A - 1b (0)	NP	NP	NP
C-16	SW	A - 1b (1)	NP	NP	NP

Fuente: *Elaboración Propia*

Como se puede observar en general todas las muestras son arenas mal graduadas (SUCS) salvo la C-16, mientras que el terreno de fundación (AASHTO) en las calicatas C-04 y C-10 es Regular a Malo.

4.1.2.2. Peso Específico Seco Máximo y Humedad Óptima

Realizada la clasificación del suelo se procede a realizar los ensayos de compactación, con la energía del Proctor Modificado.

Cuadro N°21: Resultados del Proctor Modificado, estado natural

CALICATA N°	CLASIFICACIÓN N SUCS	CLASIFICACIÓN N AASHTO	PESO ESPECÍFICO SECO MÁX.	HUMEDAD OPTIMA
C-01	SM	A - 2 - 4 (0)	1.790 gr/cm ³	10.20 %
C-02	SM	A - 2 - 4 (0)	1.815 gr/cm ³	8.88 %
C-03	SM	A - 2 - 4 (0)	1.848 gr/cm ³	7.80 %
C-04	SM	A - 4 (0)	1.828 gr/cm ³	7.60 %
C-05	SM	A - 2 - 4 (0)	1.798 gr/cm ³	11.50 %
C-06	SM	A - 2 - 4 (0)	1.843 gr/cm ³	10.10 %
C-07	SP	A - 3 (0)	1.591 gr/cm ³	12.20 %
C-08	SM	A - 2 - 4 (0)	1.852 gr/cm ³	10.18 %
C-09	SP	A - 3 (0)	1.609 gr/cm ³	9.90 %
C-10	SM	A - 4 (0)	1.806 gr/cm ³	7.90 %
C-11	SM	A - 2 - 4 (0)	1.836 gr/cm ³	9.70 %
C-12	SM	A - 2 - 4 (0)	1.810 gr/cm ³	9.10 %
C-13	SP	A - 1b (0)	1.692 gr/cm ³	11.80 %
C-14	SC	A - 2 - 6 (0)	1.765 gr/cm ³	10.60 %
C-15	SP	A - 1b (0)	1.784 gr/cm ³	10.00 %
C-16	SW	A - 1b (1)	1.786 gr/cm ³	10.20 %

Fuente: *Elaboración Propia*

Del cuadro anterior se observa que el peso específico máximo del suelo en estado natural oscila entre 1.59 gr/cm³ la más baja y 1.85 gr/cm³ la más alta, con humedades semejantes que están entre 7.60% y 11.80%.

4.1.2.3. California Bearing Ratio (CBR)

Con los resultados del peso específico máximo y humedad óptima, del ensayo Proctor Modificado se prosiguió a realizar los ensayos de CBR en estado natural cada tres kilómetros de acuerdo a la referencia del **cuadro N°14**.

Cuadro N°22: Resultados de CBR al 95 y 100%, estado natural

CALICATA N°	CLASIFICACIÓ N SUCS	CLASIFICACIÓ N AASHTO	PESO ESPECÍFICO SECO MÁX.	HUMEDAD OPTIMA	CBR T/N (95%)	CBR T/N (100%)
C-01	SM	A - 2 - 4 (0)	1.790 gr/cm ³	10.20 %	37.50 %	42.90 %
C-04	SM	A - 4 (0)	1.828 gr/cm ³	7.60 %	17.85 %	22.10 %
C-07	SP	A - 3 (0)	1.591 gr/cm ³	12.20 %	29.20 %	32.40 %
C-10	SM	A - 4 (0)	1.806 gr/cm ³	7.90 %	10.00 %	12.11 %
C-13	SP	A - 1b (0)	1.692 gr/cm ³	11.80 %	47.00 %	54.00 %
C-16	SW	A - 1b (1)	1.786 gr/cm ³	10.20 %	30.50 %	38.00 %

Fuente: *Elaboración Propia*

El valor de CBR al 95% en las distintas muestras está entre 17.85% y 47.00%.

4.1.3. SUELO ESTABILIZADO

Elegimos al cemento como aditivo estabilizador para mejorar las propiedades físicas del suelo, el cual se tomó como referencia de los **cuadros N°01(a) y N°01 (b)**.

La dosificación de cemento requerido para la estabilización se tomó como referencia del **cuadro N°02**, siendo así 7% el porcentaje con el que se llevaron a cabo los siguientes ensayos

4.1.3.1. Peso Específico Seco Máximo y Humedad Óptima (Cemento)

Escogido el porcentaje del aditivo estabilizador se procede a realizar los ensayos de compactación, con la energía del Proctor Modificado.

Cuadro N°23: Resultados del Proctor Modificado, Suelo estabilizado

CALICATA N°	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	PESO ESPECÍFICO SECO MÁX. T/N	HUMEDAD OPTIMA T/N
C-04	SM	A - 4 (0)	1.83 gr/cm ³	7.60 %
C-10	SM	A - 4 (0)	1.81 gr/cm ³	7.90 %

CALICATA N°	PESO ESPECÍFICO SECO MÁX. 5%	HUMEDAD OPTIMA 5%	PESO ESPECÍFICO SECO MÁX. 7%	HUMEDAD OPTIMA 7%	PESO ESPECÍFICO SECO MÁX. 10%	HUMEDAD OPTIMA 10%
	CEMENTO	CEMENTO	CEMENTO	CEMENTO	CEMENTO	CEMENTO
C-04	1.84 gr/cm ³	9.40 %	1.87 gr/cm ³	12.50 %	1.93 gr/cm ³	16.90 %
C-10	1.82 gr/cm ³	7.95 %	1.86 gr/cm ³	13.10 %	1.91 gr/cm ³	17.00 %

Fuente: *Elaboración Propia*

Del cuadro anterior se observa que el peso específico máximo del suelo en estado natural oscila entre 1.83 gr/cm³ la más baja y 1.81 gr/cm³ la más alta, con humedades semejantes que están entre 7.60% y 7.90%.

4.1.3.2. CBR (cemento)

De igual manera que con el suelo en estado natural, conocidos el peso específico máximo y humedad óptima, se continuó con el desarrollo de los ensayos de CBR.



Cuadro N°24: Resultados de CBR al 95 y 100%, Suelo estabilizado

CALICATA N°	CBR 5% CEMENTO		CBR 7% CEMENTO		CBR 10% CEMENTO	
	95%	100%	95%	100%	95%	100%
C-04	25.00 %	31.50 %	60.00 %	72.00 %	82.00 %	101.00 %
C-10	22.80 %	27.50 %	52.00 %	64.00 %	95.00 %	120.00 %

Fuente: *Elaboración Propia*

Del cuadro anterior se observa los distintos CBR obtenidos en laboratorio de acuerdo a los porcentajes de cemento adicionados.

Se procedió a escoger el CBR con 7% de cemento debido a que la normativa indica que para suelos estabilizados con cemento el porcentaje de adición debe ser de 7%-12%

4.1.4. DISEÑO DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA

DISEÑO CON AGREGADO DE 1"

Diseño de la primera capa: Agregado de 1"

Cantidad de agregado:

$$C = M * (1 - 0.4 (V) * DMP * G * E$$

Donde:

C= Dosis de agregado en kg/m²

V= Vacíos en el agregado, condición suelta (

DMP = Dimensión mínima promedio.

G = Densidad real seca del agregado (kg/m³)

E = Factor de desperdicio, corrige la dosis por rebote de partículas y depende del tamaño del agregado.

T_m = Tamaño medio del agregado

IL = porcentaje en peso de partículas

M = factor de corrección varia de 0.9 a 1.1

Calculo del DMP:

$$DMP = \frac{T_m}{1.09 + (0.0118 * IL)}$$

$$T_m = \Sigma \left[\left(\frac{\% \text{ retenido}}{100} \right) \times \left(\frac{\text{Malla superior} + \text{malla donde se retiene}}{2} \right) \right]$$

T _m =	17.51
------------------	-------

DMP=	12.24
------	-------

El factor de desperdicio según el cuadro N°15 es 2

El porcentaje de vacíos es:

$$\% \text{ VACIOS} = \frac{100 * [(S * W) - M]}{(S * W)}$$

S = Gravedad específica

W = Densidad del agua a 23 °C.

M = Peso volumétrico.

% VACIOS=	46.54
-----------	-------

Entonces la cantidad de material es:

$$C = M * (1 - 0.4 (V) * DMP * G * E$$

C=	22.43 Kg/m ²
----	-------------------------

Emulsion asfáltica:

$$B = K \left[\frac{0.40 * DMP * T * V + S + A}{R} \right]$$

B= Dosis de aplicación de emulsión en l/m²

K= Factor de corrección. Su valor normal es 1.0,

DMP = Dimensión mínima promedio.

T = Factor de tráfico que incorpora el efecto del tráfico en el embebido del agregado

V = Vacíos en el agregado

S = Factor de corrección por textura superficial (l/m²).

A = Factor de corrección por absorción de asfalto en el agregado (l/m²).

R = Porcentaje de asfalto residual de la emulsión

T = Factor de tráfico.

S = Factor de corrección por textura superficial.

B=	2.83	L
		m ²

B=	0.71	Gal
		m ²



DISEÑO CON AGREGADO DE 3/8"

Diseño de la primera capa: Agregado de 1"

Cantidad de agregado:

$$C = M * (1 - 0.4 (V) * DMP * G * E$$

Donde:

C= Dosis de agregado en kg/m²

V= Vacíos en el agregado, condición suelta (

DMP = Dimensión mínima promedio.

G = Densidad real seca del agregado (kg/m³)

E = Factor de desperdicio, corrige la dosis por rebote de partículas y depende del tamaño del agregado.

Tm = Tamaño medio del agregado

IL = porcentaje en peso de partículas

M = factor de corrección varia de 0.9 a 1.1

Calculo del DMP:

$$DMP = \frac{T_m}{1.09 + (0.0118 * IL)}$$

$$T_m = \Sigma \left[\left(\frac{\% \text{ retenido}}{100} \right) x \left(\frac{\text{Malla superior} + \text{malla donde se retiene}}{2} \right) \right]$$

Tm=	5.60
-----	------

DMP=	4.41
------	------

El factor de desperdicio según el cuadro N°15 es 2

El porcentaje de vacíos es:

$$\% \text{ VACIOS} = \frac{100 * [(S * W) - M]}{(S * W)}$$

S = Gravedad específica

W = Densidad del agua a 23 °C.

M = Peso volumétrico.

% VACIOS=	37.05
-----------	-------

Entonces la cantidad de material es:

$$C = M * (1 - 0.4 (V) * DMP * G * E$$

C=	8.75 Kg/m ²
----	------------------------

Emulsion asfaltica:

$$B = K \left[\frac{0.40 * DMP * T * V + S + A}{R} \right]$$

B= Dosis de aplicación de emulsión en l/m²

K= Factor de corrección. Su valor normal es 1.0,

DMP = Dimensión mínima promedio.

T = Factor de tráfico que incorpora el efecto del tráfico en el embebido del agregado

V = Vacíos en el agregado

S = Factor de corrección por textura superficial (l/m²).

A = Factor de corrección por absorción de asfalto en el agregado (l/m²).

R = Porcentaje de asfalto residual de la emulsión

T = Factor de tráfico.

S = Factor de corrección por textura superficial.

B=	0.96	$\frac{L}{m^2}$
----	------	-----------------

B=	0.24	$\frac{Gal}{m^2}$
----	------	-------------------

4.1.5. PRESUPUESTO

4.1.5.1. Primer método: Carretera estabilizada con cemento (15km)

CARRETERA ESTABILIZADA CON CEMENTO	
Trazo y Replanteo	14,466.75
Mantenimiento y Desvío de Transito temporal	17,214.85
Conformación de Rasante	112,500.00
Conformación de Suelo Estabilizado	645,000.00
TOTAL	789,181.60

En este método se realizó una estabilización con cemento en todo el tramo de la carretera de 15.00 Km con un ancho de vía de 5.00 m.

De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio y según la cantidad de material a colocar en la estabilización se realizó el presupuesto obteniendo un costo directo de **S/. 789,181.60** Para las partidas más influyentes.

4.1.5.2. Segundo método: Carretera estabilizada con cemento en tramos críticos y con tratamiento superficial bicapa en toda su longitud

TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA	
Trazo y Replanteo	14,466.75
Mantenimiento y Desvio de Transito temporal	17,214.85
Conformación de Suelo Estabilizado	86,000.00
Imprimación Asfáltica Primera Capa	899,250.00
Imprimación Asfáltica Segunda Capa	414,750.00
TOTAL	1,431,681.60

En este método se realizó una estabilización con cemento en dos tramos donde el tipo de suelo son los más críticos C-04, C-10 cada tramo de 1 kilómetro con un ancho de vía de 5.00 m y se procedió a calcular el presupuesto para un tratamiento superficial bicapa para toda la longitud de la carretera.

De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio y según la cantidad de material a colocar en la estabilización y el tratamiento superficial bicapa se realizó el presupuesto obteniendo un costo directo de **S/. 1,431,681.60** Para las partidas más influyentes.

4.1.6. DISCUSIONES

- ❖ (Copado, 2011), quien afirma que la estabilización química de suelos ofrece una alternativa en costos más bajo a los métodos tradicionales de construcción de rasantes para un pavimento convencional y tiene la gran ventaja de utilizar los suelos del sitio de los trabajos. Con los resultados obtenidos en las propuestas de pavimentos básicos se confirma la presente postulación, debido a que se obtuvo un monto de **S/. 789,181.60** la cual puede ser más accesible para ser financiada por la Municipalidad y así darle el visto bueno en su pronta ejecución.

- ❖ La Estabilización con Cal además de ser más económica parece ser la más antigua forma de mejoramiento de suelos (Copado, 2011). Sin embargo en nuestro análisis detallado debido a los tipos de suelos encontrados en la zona de estudio escogimos al cemento como aditivo estabilizador tomando como referencia lo establecido en la Norma de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.

- ❖ (Salcedo, 2010), Actualmente se están enfocando los trabajos a las estabilizaciones con el fin de mejorar las condiciones de transitividad y el comportamiento esfuerzo – deformación del suelo en caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito. Con el estudio realizado se confirma el presente postulado ya que el CBR al 95% de nuestros suelos estabilizados aumentaron en 40% con respecto a su estado natural calificándolos dentro de un rango de excelentes conforme a lo indicado en la Norma de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.

- ❖ La dosificación de cemento para Suelo – Cemento en un Suelo clasificado como A-4 es de 7% - 12% (MTC-SGGP, 2014). En nuestro caso trabajamos los ensayos con porcentajes de 5%, 7% y 10% respectivamente, esto por el hecho de reducir los costos, obteniendo en los resultados del Proctor Modificado y del CBR al 95% una mejora notoria con la dosificación del 7%.

- ❖ El Tratamiento Superficial Bicapa despierta interés su aplicación en vías de bajo tráfico o caminos rurales, vecinales o en la pavimentación de calles en núcleos reducidos de población debido a que son mucho más asequibles que las mezclas bituminosas en caliente. (Ótoya, 2015). Con el diseño de la propuesta se confirma esta postulación, debido a que en los resultados obtenidos se muestra el presupuesto para la pavimentación de la carretera en estudio con un monto asequible.



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



5.1. CONCLUSIONES

❖ Las partidas consideradas para un Camino estabilizado con cemento:

- ✓ Trazo y ReplanteoS/.14,466.75
- ✓ Mantenimiento y Desvío de Tránsito Temporal .S/.17,214.85
- ✓ Conformación de Rasante.....S/.112,500.00
- ✓ Conformación de Suelo Estabilizado.....S/.645,000.00

Las partidas consideradas para un Camino estabilizado con cemento:

- ✓ Trazo y ReplanteoS/.14,466.75
- ✓ Mantenimiento y Desvío de Tránsito Temporal .S/.17,214.85
- ✓ Conformación de Suelo Estabilizado.....S/.86,000.00
- ✓ Imprimación Asfáltica Primera Capa.....S/.899,250.00
- ✓ Imprimación Asfáltica Segunda Capa.....S/.899,250.00

❖ Se realizó la aplicación de dos pavimentos básicos para el presente estudio comparativo siendo estos.

- Estabilización de la carretera cambio puente – cascajal
- Tratamiento superficial bicapa en la carretera cambio puente – cascajal.

El tiempo necesario para la ejecución de las partidas mencionadas anteriormente en una Carretera Estabilizada con Cemento sería de 3 meses aproximadamente, mientras que el tiempo necesario para una Carretera con Tratamiento Superficial Bicapa sería de 5 meses aproximadamente. Las ventajas de utilizar la estabilización con cemento es el procedimiento más rápido y así permitiría un restablecimiento del tráfico.



La tecnología utilizada en ambos es similar, la diferencia es que en una Carretera con Tratamiento Superficial Bicapa se utilizan el camión imprimador y la esparcidora de agregados.

Las ventajas de utilizar el tratamiento superficial bicapa es el mayor tiempo de vida siendo esta de 6 a 8 años sin mantenimiento y hasta 10 años con el mantenimiento adecuado.

Se obtuvo un costo directo de S/. 789,181.60 para la estabilización con cemento y S/. 1,431,681.60 para el tratamiento superficial bicapa. Siendo la diferencia en costo de S/.634,500.00.

El costo de una carretera con tratamiento superficial bicapa es más elevado debido al precio en las partidas de imprimación asfáltica.

- ❖ Para la selección de la mejor alternativa de mejoramiento en la actual Carretera Cambio Puente – Cascajal, se concluyó que ambas propuestas son económicas y tienen buena eficiencia. Asimismo después de haber analizado los criterios de evaluación técnica referente al tiempo de vida de cada uno se optó por la elección de la segunda propuesta CAMINO ESTABILIZADO CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA.



5.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Con el fin de obtener una base estabilizada con cemento de buena calidad, es necesario realizar una mezcla homogénea. Para esto se deberá dar la importancia que amerita a los ensayos realizados en el laboratorio con el fin de garantizar que éstos y los trabajos que se ejecutan en base a ellos se relacionen entre sí y sean lo más ajustados a la realidad.

Para el Tratamiento Superficial de la carretera se deberá realizar un control de calidad de los agregados y de la emulsión asfáltica que se utilizará en obra. De esta manera se tendrá una mayor vida útil a la esperada disminuyendo costos y tiempos de mantenimiento.

- ❖ Es importante tener en cuenta la velocidad de avance de la esparcidora de agregados, ya que el material debe quedarse en el punto donde se colocó, si la velocidad es muy alta el agregado rodará sobre la superficie y cuando esto pasa las piedras se cubrirán de asfalto y serán desplazadas por el rodillo.

Las mezclas con emulsión requieren de mucho cuidado con la humedad que debe tener el agregado antes del mezclado con la emulsión. Demasiada agua puede producir un recubrimiento deficiente del agregado y en su defecto la falta de humedad en el agregado hará que este absorba el agua de la emulsión y producir un rompimiento prematuro de la emulsión.

Después de mezclado el suelo con el cemento y el agua; se recomienda que la colocación y compactación de la rasante debe hacerse con gran rapidez para evitar el fraguado anticipado y así no obtener resultados no deseados.



No se recomienda que la ejecución de la obra sea en épocas de lluvia ya que esta sería un factor determinante; debido a que la mezcla suelo –cemento – agua no sería homogénea y no se podría trabajar con el óptimo contenido de humedad hallado en el laboratorio.

- ❖ Después de obtenido los resultados y teniendo en consideración el bajo presupuesto de la municipalidad de cascajal, la opción más económica sería una carretera estabilizada con cemento, pero si nos enfocamos en el tiempo de vida útil de la misma la opción más adecuada sería una carretera con Tratamiento Superficial Bicapa; ya que la durabilidad de una Carretera estabilizada con cemento está entre 3 a 5 años, mientras que una Carretera con Tratamiento Superficial Bicapa puede durar entre 6 a 8 años sin mantenimiento y con un adecuado mantenimiento podría durar de 10 a 12 años



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfaro, J. J. (2016). TESIS: "Tratamiento Superficial Bicapa con Emulsión Asfáltica de la Carretera Valle Yacus Provincia de Jauja - Región Junín 2015". Obtenido de Universidad Peruana de los Andes: http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/110/Condor_Tesis_Ingeniero_2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y
2. Carranza, D. S. (2009). TESIS: Guía de Diseño Estructural, Construcción y Mantenimiento en Caminos de Baja Intensidad de tránsito Usando Tratamientos Superficiales asfálticos. Obtenido de http://ri.ues.edu.sv/2086/1/Gu%C3%ADa_de_dise%C3%B1o_estructural%2C_construcci%C3%B3n_y_mantenimiento_en_caminos_de_baja_intensidad_de_tr%C3%A1nsito_usando_tratamientos_superficiales_asf%C3%A1lticos.pdf
3. Copado, J. A. (2011). TESIS : *Estabilización de un Suelo Arcilloso con Cal Hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la Colonia San Juan Capristano de la Ciudad de Obregon*. Obtenido de <https://docplayer.es/23676059-Tesis-que-para-obtener-el-titulo-de-ingeniero-civil.html>
4. DG. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico*. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4038.pdf



5. EG. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf
6. Gonzalez, W. (2007). *TESIS: Guia Basica para el uso de Emulsiones Asfálticas en la Estabilizacion de Bases en Caminos de Baja Intensidad en el Salvador*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11227787.pdf>
7. MEF. (2015). *Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos: MEF-MTC*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf
8. Menéndez, R. (2013). *Ingeniería de Pavimentos: Diseño y Gestion de Pavimentos (1er Ed.) Lima-Perú: Imprenta ICG*.
9. MTC-SGGP. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
10. NLA. (2004). *Manual de Estabilización de Suelo Tratado con CAL*. Obtenido de https://www.lime.org/documents/publications/free_downloads/construct-manual-spanish2004.pdf
11. Ótoya, D. A. (2015). *TESIS: " Comparación de Costos y Tecnología de Mantenimiento Utilizando Slurry Seal y Mantenimiento Convencional en un Pavimento Flexible*. Obtenido de Universidad Privada del Norte:



<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/6823/Peque%C3%B1o%20Otoya%20Daniel%20Andr%C3%A9s.pdf?sequence=1>

12. RNE-CE-010. (2010). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Obtenido de <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php>

13. Salcedo, D. R. (2010). *TESIS: Diseño y Evaluación de un Afirmado Estabilizado con Emulsión Asfáltica en la Carretera Cañete - Chupaca*. Obtenido de https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwirzOr_y7bRAhXCOCYKHZitBvkQFggfMAE&url=http%3A%2F%2Fcybertesis.uni.edu.pe%2Fbitstream%2Funi%2F457%2F1%2Fdelacruz_sd.pdf&usg=AFQjCNEOp1hSDsDF7c9_H6mI3HTAtbqmQ&bvm=

14. Tinoco, I. G. (2012). *Tratamiento Superficial en Caminos Vecinales (Ingeniería de Transportes de Ayacucho*. Obtenido de <http://documents.mx/documents/tratamiento-superficial-en-caminos-vecinales.html>

15. Vasquez, A. (2008). *Infraestructura Vial en el Crecimiento Económico del Perú*. Obtenido de http://es.slideshare.net/KAREN_23/problemtica-de-la-infraestructura-vial-en-el-per.

ANEXO I

CARRETERA

CAMBIO PUENTE - CASCAJAL

CAMBIO PUENTE - CASCAJAL



CAMBIO PUENTE

LAGRARCA BAJA

14 INCAS

FIN

INICIO

Leyenda

- ↓ CENTROS POBLADOS
- 1 INICIO / FIN
- RUTA TESIS

3 km



ANEXO II

INDICE MEDIO DIARIO ANUAL

1. DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO ACTUAL

i) Resumir los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

Resultados de los conteo de tráfico:

Mes: **Marzo**

Tipo de Vehículo	Lunes 15/03/18	Martes 16/03/18	Miércoles 17/03/18	Jueves 18/03/18	Viernes 19/03/18	Sábado 20/03/18	Domingo 21/03/18
Automovil	47	47	48	48	48	50	50
Camioneta	34	35	35	36	36	37	37
Combi Rural	0	0	0	0	0	0	0
Micro	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	4	4	5	6	6	7	6
Camión 2E	12	12	13	13	13	14	14
Camión 3E	8	8	8	9	9	10	9
Camión 4E	5	6	7	8	8	9	8
Semi trailer	14	15	15	16	17	18	17
TOTAL	124	127	131	136	137	145	141

Resultados de los conteo de tráfico:

Mes: **Agosto**

Tipo de Vehículo	Lunes 12/08/18	Martes 13/08/18	Miércoles 14/08/18	Jueves 15/08/18	Viernes 16/08/18	Sábado 17/08/18	Domingo 18/08/18
Automovil	43	43	44	44	44	46	46
Camioneta	31	32	32	33	33	34	34
Combi Rural	0	0	0	0	0	0	0
Micro	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	2	2	3	4	4	5	4
Camión 2E	8	8	9	9	9	10	10
Camión 3E	5	5	5	6	6	7	6
Camión 4E	4	4	4	4	4	5	5
Semi trailer	10	11	11	12	13	14	13
TOTAL	103	105	108	112	113	121	118

Nota 01: En el Conteo de 7 días de 24 horas según lo establecido en PROVIAS NACIONAL no figura cantidad de "Motocicletas" por lo que se obviaron dichos datos obtenidos.

Nota 02: Para la realización de dichos conteos tomamos como referencia la cosecha del cultivo con más frecuencia en la zona de estudio y del cual los pobladores utilizan para comercializar.

Nota 03: Se escogieron los meses de Marzo y Agosto debido a que la cosecha de arroz en la Localidad de Cascajal tiene dos temporadas y son estos meses donde se produce mayor tráfico vehicular debido al comercio de los pobladores.

ii) Determinar los factores de corrección estacional

F.C.E. Vehículos ligeros: **1.113**

F.C.E. Vehículos pesados: **1.012**

Nota: Utilizar los datos del Informe Técnico de Flujo Vehicular por Unidades de Peaje por el INEI.

iii) Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_a = IMD_s * FC$$

$$IMD_s = \sum \frac{Vi}{7}$$

Donde:
 IMD_s = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
 IMD_a = Índice Medio Anual
 Vi = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo
 FC = Factores de Corrección Estacional

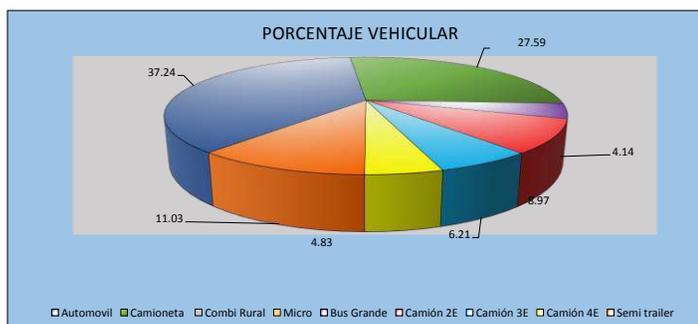
Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD _s	FC	IMD _a
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
Automovil	47	47	48	48	48	50	50	338	48	1.113	54
Camioneta	34	35	35	36	36	37	37	250	36	1.113	40
Combi Rural	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.113	0
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.113	0
Bus Grande	4	4	5	6	6	7	6	38	5	1.113	6
Camión 2E	12	12	13	13	13	14	14	91	13	1.012	13
Camión 3E	8	8	8	9	9	10	9	61	9	1.012	9
Camión 4E	5	6	7	8	8	9	8	51	7	1.012	7
Semi trailer	14	15	15	16	17	18	17	112	16	1.012	16
TOTAL	124	106	109	112	112	118	116	778	111		145

2. ANALISIS DE LA DEMANDA

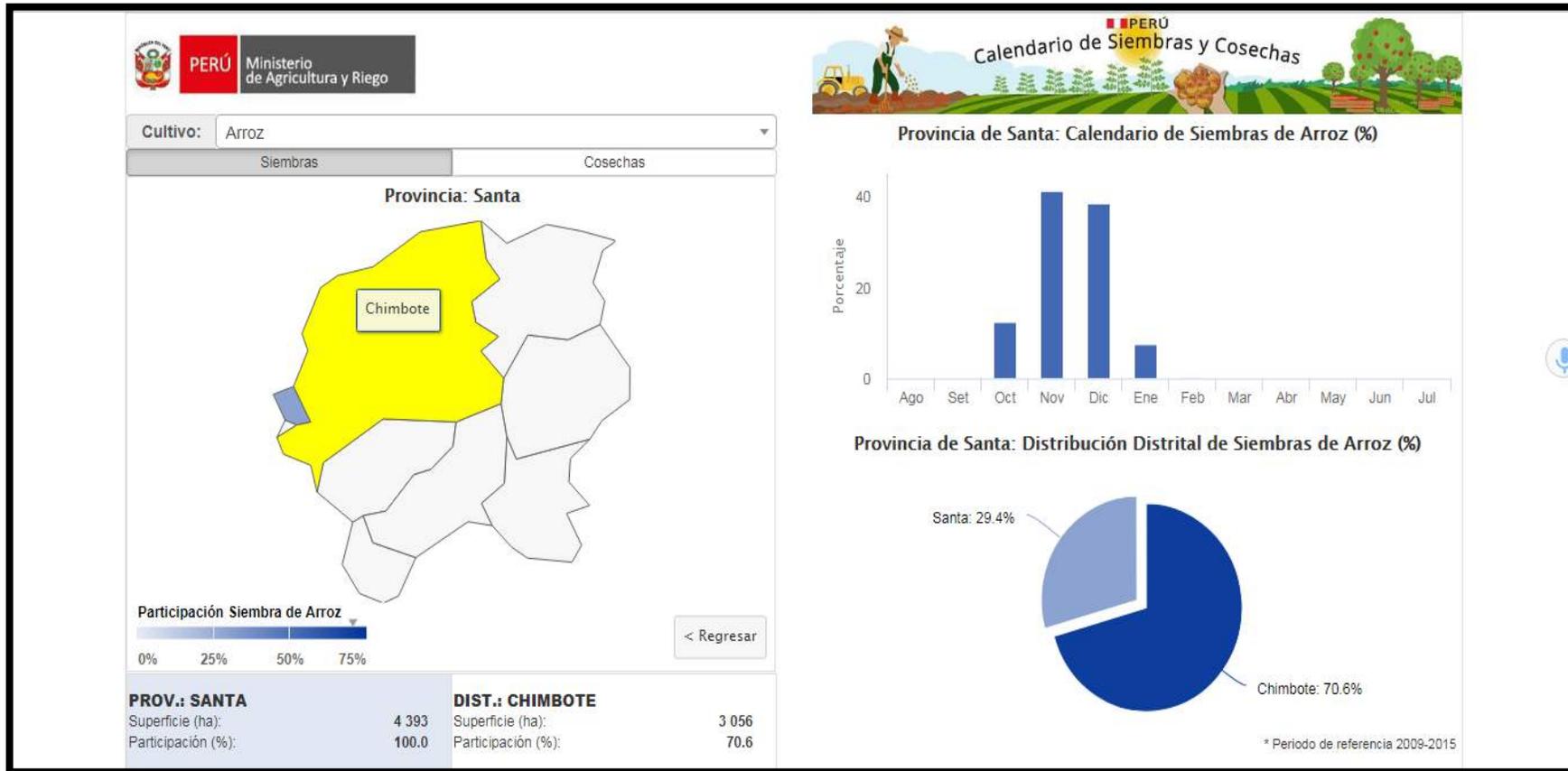
2.1 Demanda Actual

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo

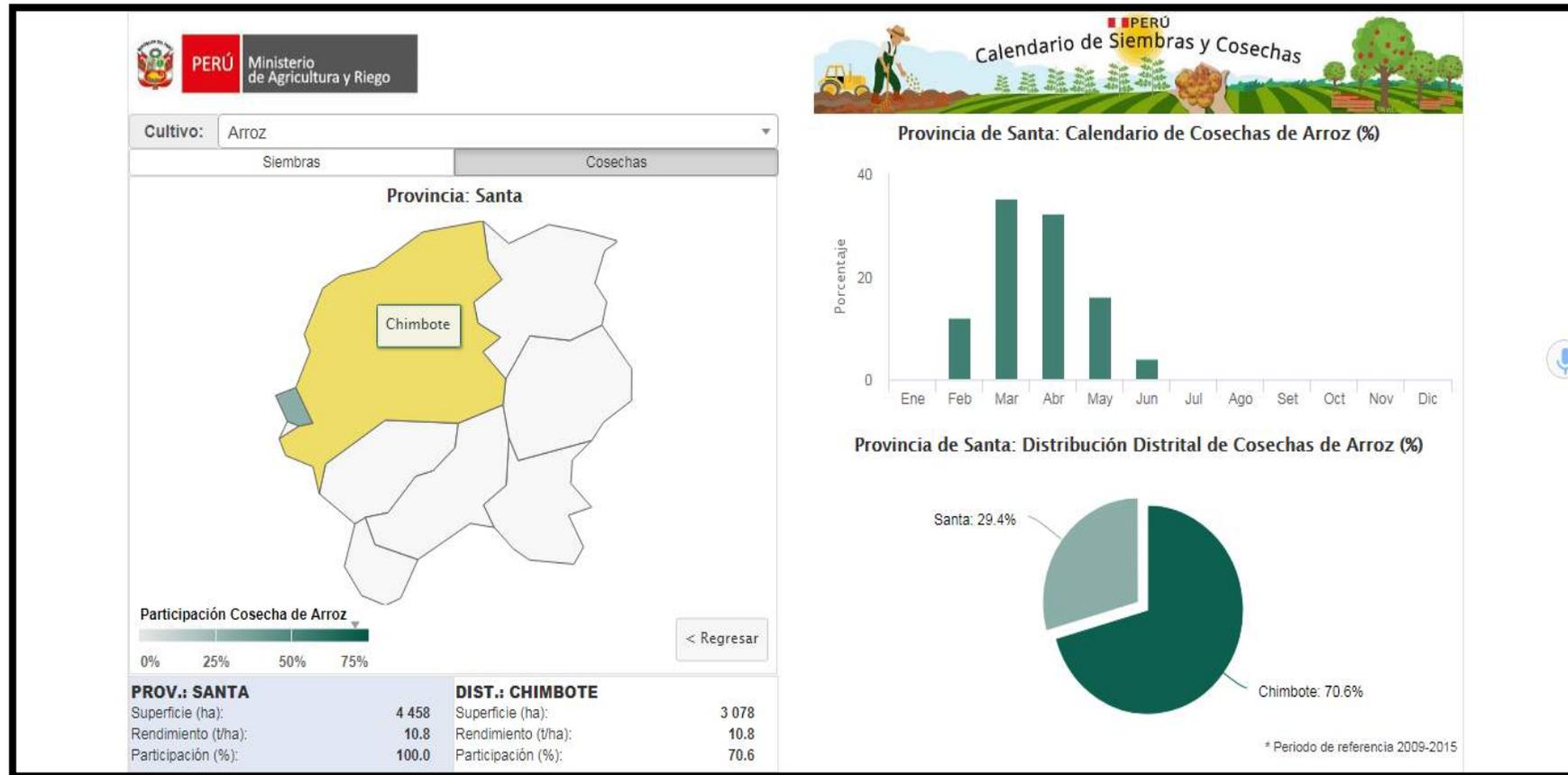
Tipo de Vehículo	IMDa	Distribución (%)
Automovil	54	37.24
Camioneta	40	27.59
Combi Rural	0	0.00
Micro	0	0.00
Bus Grande	6	4.14
Camión 2E	13	8.97
Camión 3E	9	6.21
Camión 4E	7	4.83
Semi trailer	16	11.03
IMDa	145	100.00



CALENDARIO DE SIEMBRAS DE ARROZ EN EL DISTRITO DE CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA (MINAGRI)



CALENDARIO DE COSECHAS DE ARROZ EN EL DISTRITO DE CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA (MINAGRI)



ANEXO III

PANEL FOTOGRAFICO

CALICATAS



FOTO 01. Garita de control vehicular.



FOTO 02. Se verifico la profundidad de la calicata con la wincha.

ANALISIS GRANULOMETRICO



FOTO 03. Cuarteo de la muestra extraída en campos.



FOTO 04. Tamizado manual de las muestras extraídas en campo.



FOTO 05. Peso del material retenido en las mallas.

LIMITES DE ATTERBERG



FOTO 06. Ensayo del límite líquido.



FOTO 07. Obtención de los contenidos de humedad para realizar el correcto cálculo de los límites de atterberg.

PROCTOR MODIFICADO



FOTO 08. Mescla de la muestra extraída con diferentes cantidades de agua y cemento.



FOTO 09. Compactación en capas de las muestras en los moldes.



FOTO 10. Peso de la muestra compactada y enrasada.



FOTO 11. Peso de las muestras secas para obtener el contenido de humedad utilizado en el ensayo de Proctor Modificado.

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)



FOTO 12. Mezclado de las muestras con el óptimo contenido de humedad.



FOTO 13. Enrasado del molde para luego colocar los anillos espaciadores.



FOTO 14. Curado de los moldes.



FOTO 15. Tesistas realizando el ensayo de CBR.



FOTO 16. Tesistas supervisados por el técnico de laboratorio de la UNS.

PROBETAS SUELO - CEMENTO



FOTO 17. Mezclado de la muestra con cemento y el óptimo contenido de humedad calculado.



FOTO 18. Compactación manual de la probeta Suelo Cemento.



FOTO 19. Curado de la probeta suelo - cemento.



FOTO 20. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas suelo - cemento.

ANEXO IV

ENSAYOS DE LABORATORIO



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
FECHA : Octubre del 2018

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : Calicata N°1
MUESTRA : M - 01
PROF.(m) : 0.00 - 1.50

PROGRESIVA: 0+000 Km
TAMAÑO MÁXIMO : 1"
PESO SECO: 1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	91.09	90.89
3/4"	19.050	25.70	88.32
1/2"	12.500	49.94	83.33
3/8"	9.500	37.65	79.56
N° 4	4.750	46.74	74.89
N° 10	2.000	45.36	70.35
N° 20	1.000	39.81	66.37
N° 40	0.425	45.92	61.78
N° 60	0.260	65.20	55.26
N° 100	0.150	310.94	24.17
N° 200	0.074	81.21	16.04
< N° 200	--	160.44	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Límite Líquido %	NP
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SM
Clasific. AASHTO	A - 2 - 4 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	28.68
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	202.35
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	190.77
4. Peso de Agua (gr)	11.58
5. Peso de Suelo seco (gr)	162.09
6. Contenido de Humedad (%)	7.14





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91
Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

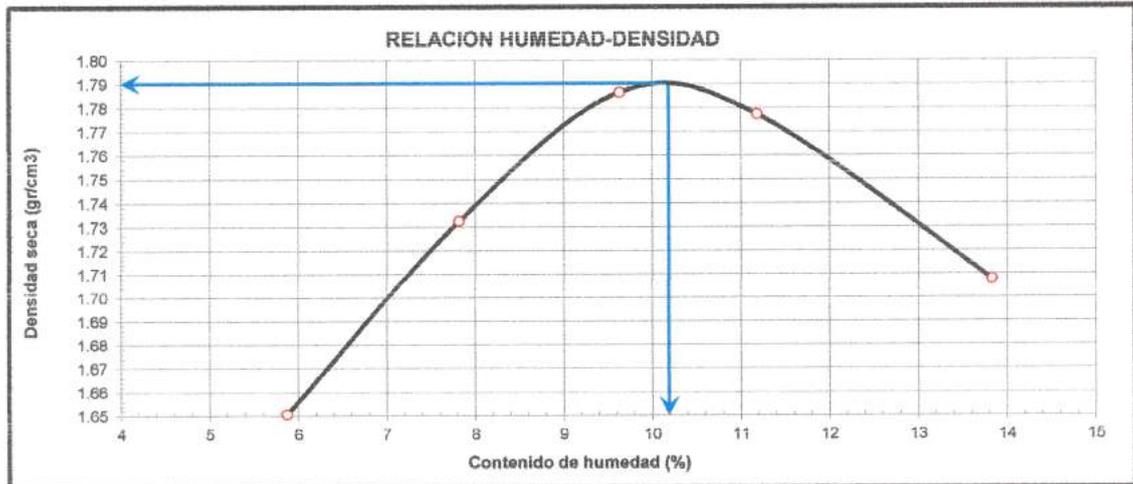
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldere
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°1

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3792.00	3915.00	4008.00	4026.00	3993.00
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1789.00	1912.00	2005.00	2023.00	1990.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.75	1.87	1.96	1.98	1.94
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	212.74	206.80	212.95	212.49	203.51
Peso del suelo seco + tara	(gr)	202.49	193.88	196.70	194.01	182.27
Tara	(gr)	27.92	28.55	27.98	28.78	28.68
Peso de agua	(gr)	10.25	12.92	16.25	18.48	21.24
Peso del suelo seco	(gr)	174.57	165.33	168.72	165.23	153.59
Contenido de agua	(%)	5.87	7.81	9.63	11.18	13.83
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.651	1.732	1.787	1.777	1.708
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.790
<i>Humedad óptima (%)</i>						10.20





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

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

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
FECHA : Octubre del 2018
SONDEO : Calicata N°1

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.790
Optimo Contenido de Humedad (%)	10.200

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		55	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	13353.00	12732.00	12032.00
2	Peso del molde [gr]	6782.00	6694.00	6759.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6038.00	5273.00
4	Volumen de molde [cm ³]	3219.00	3219.00	3219.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	1.88	1.64

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	30.00	28.86	27.63
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	172.500	219.600	189.410
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	162.630	198.810	173.000
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	20.79	16.41
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	169.95	145.37
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.23	11.29
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.67	1.47

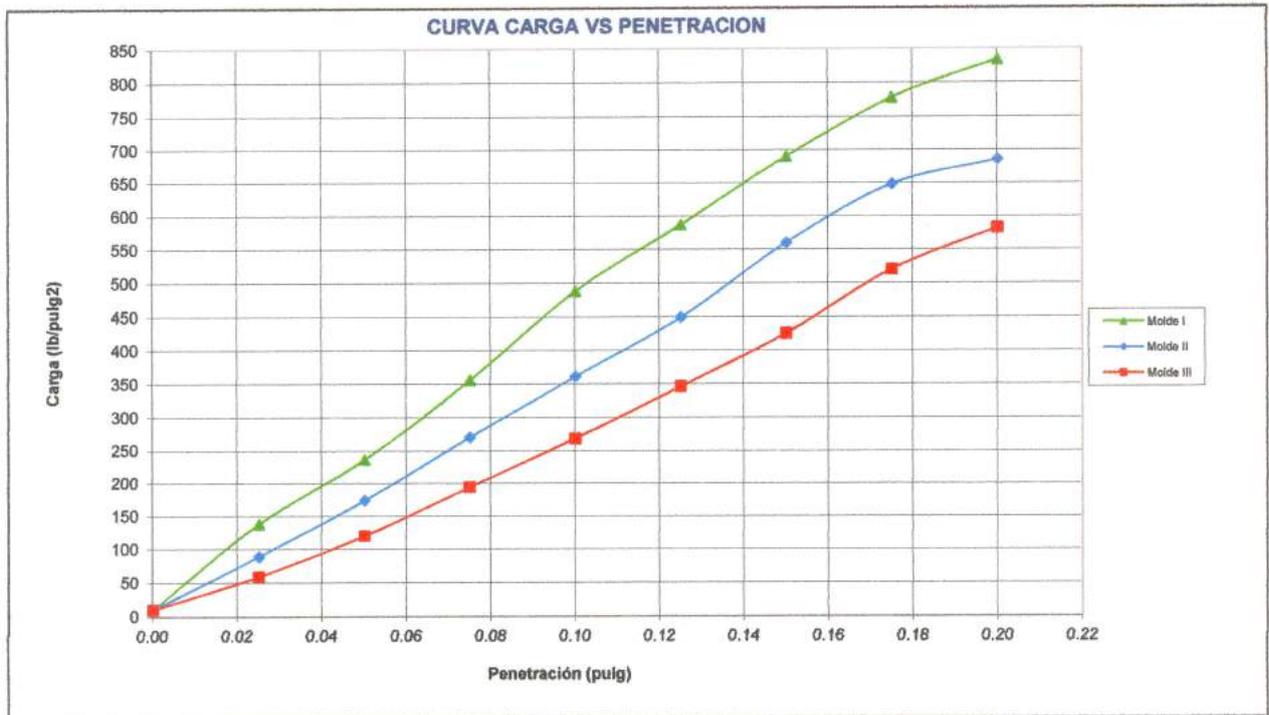
c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

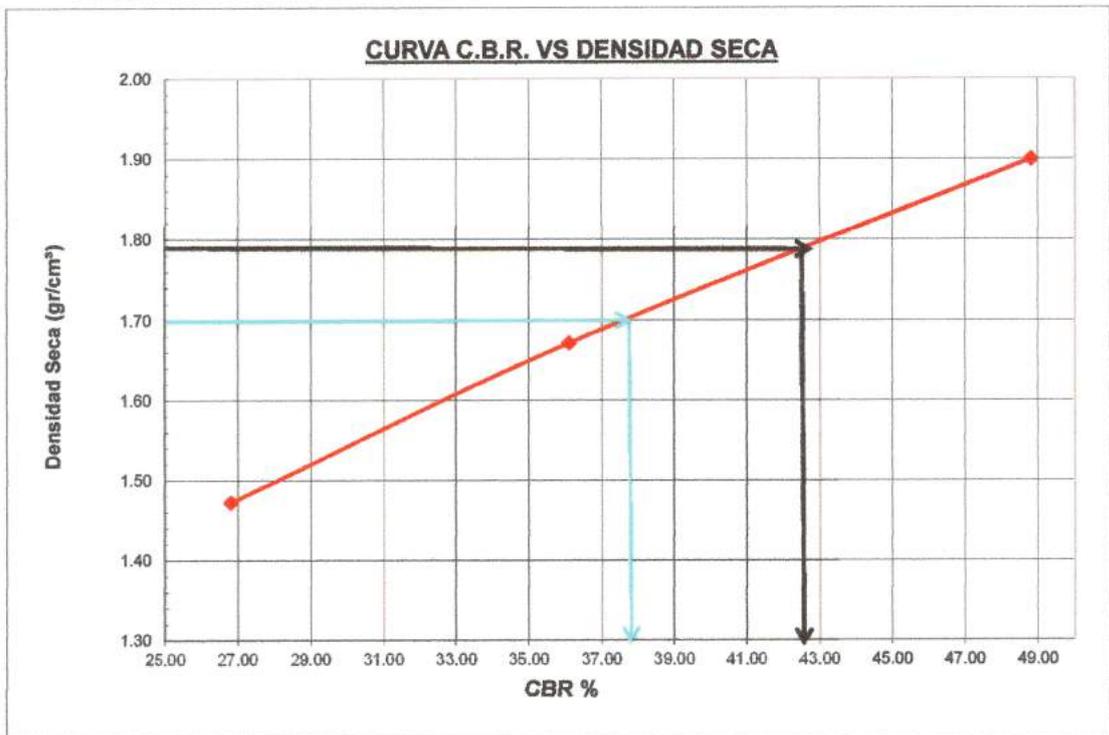
Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I (55 Golpes)		Molde N° II (26 Golpes)		Molde N° III (12 Golpes)	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		52.0	138	32.0	89	20.0	59
0.050		92.0	236	67.0	174	45.0	120
0.075		141.0	356	106.0	270	75.0	194
0.100	1000	195.0	488	143.0	361	105.0	268
0.125		235.0	587	179.0	449	137.0	346
0.150		277.0	690	224.0	560	169.0	425
0.175		313.0	778	260.0	648	208.0	520
0.200	1500	336.0	834	275.0	685	233.0	582





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	488.0	1000	48.80
II	0.1	361.0	1000	36.10
III	0.1	268.0	1000	26.80



C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 100% MDS :	42.90%
C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 95% MDS :	37.50%





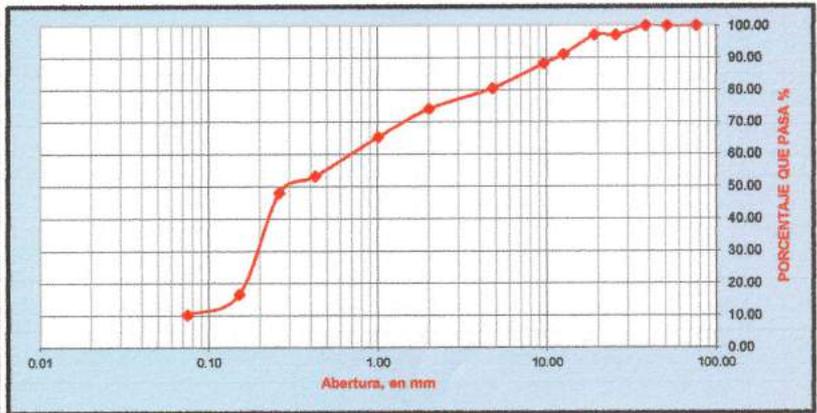
UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO	Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Casajal		
SOLICITA	:Demys Antonio Bautista Baldera Renzo Leonel Bernabe Aguilar		
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash		FECHA : Octubre del 2018
DATOS DE LA MUESTRA			
SONDEO	: Calicata N°2	PROGRESIVA:	2+000 Km
MUESTRA	: M - 02	TAMAÑO MAXIMO :	1"
PROF.(m)	: 0.00 - 1.50	PESO SECO:	1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	28.81	97.12
3/4"	19.050	0.00	97.12
1/2"	12.500	60.52	91.07
3/8"	9.500	28.81	88.19
N° 4	4.750	77.28	80.46
N° 10	2.000	64.33	74.03
N° 20	1.000	88.39	65.19
N° 40	0.425	120.42	53.14
N° 60	0.260	51.48	48.00
N° 100	0.150	314.72	16.52
N° 200	0.074	63.32	10.19
< N° 200	—	101.92	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Limite Liquido %	NP
Limite Plastico %	NP
Indice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SM
Clasific. AASHTO	A - 2 - 4 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	27.81
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	202.89
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	190.77
4. Peso de Agua (gr)	12.12
5. Peso de Suelo seco (gr)	163.16
6. Contenido de Humedad (%)	7.43





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91 Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baidera

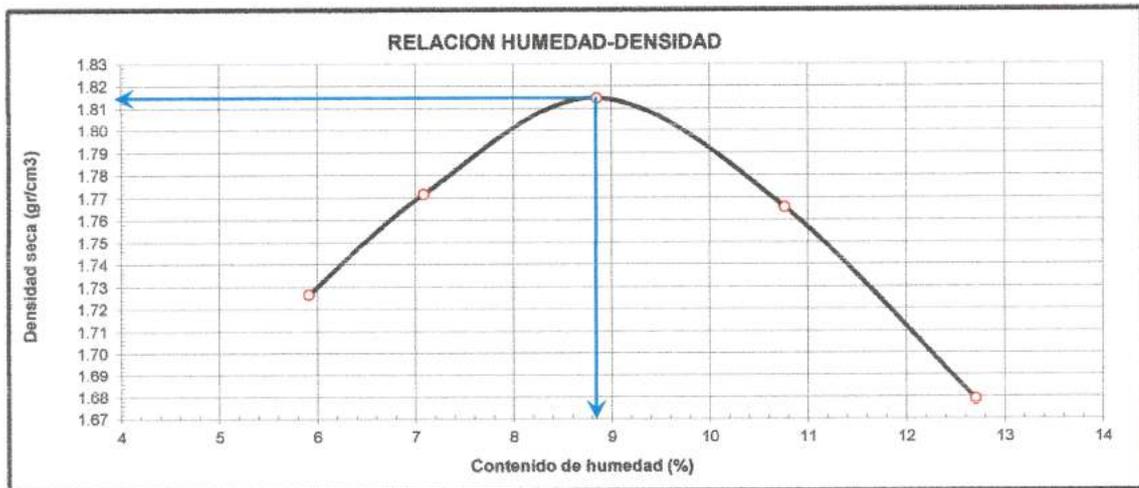
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°2

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3875.00	3945.00	4025.00	4005.00	3940.00
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1872.00	1942.00	2022.00	2002.00	1937.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.83	1.90	1.98	1.96	1.89
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	211.75	227.78	219.60	206.36	223.22
Peso del suelo seco + tara	(gr)	201.49	214.54	203.92	188.94	201.10
Tara	(gr)	27.92	27.61	26.72	27.10	27.00
Peso de agua	(gr)	10.26	13.24	15.68	17.42	22.12
Peso del suelo seco	(gr)	173.57	186.93	177.20	161.84	174.10
Contenido de agua	(%)	5.91	7.08	8.85	10.76	12.71
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.727	1.772	1.815	1.766	1.679
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.815
<i>Humedad óptima (%)</i>						8.88





FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

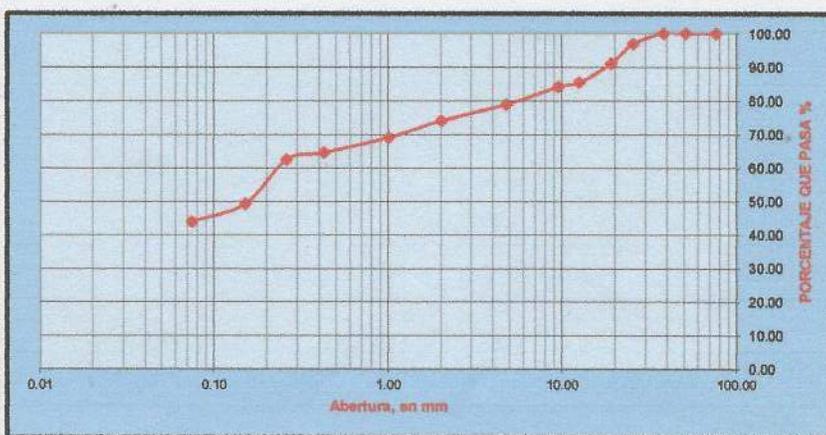
1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash **FECHA** : Octubre del 2018

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : Calicata N°3 **PROGRESIVA:** 3+000 Km
MUESTRA : M - 03 **TAMAÑO MAXIMO :** 1"
PROF.(m) : 0.00 - 1.50 **PESO SECO:** 1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	30.40	96.96
3/4"	19.050	57.95	91.17
1/2"	12.500	57.36	85.43
3/8"	9.500	13.21	84.11
N° 4	4.750	52.70	78.84
N° 10	2.000	47.84	74.05
N° 20	1.000	49.82	69.07
N° 40	0.425	45.11	64.56
N° 60	0.260	20.76	62.49
N° 100	0.150	132.81	49.20
N° 200	0.074	53.22	43.88
< N° 200	—	438.82	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Limite Líquido %	NP
Limite Plástico %	NP
Indice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SM
Clasific. AASHTO	A - 2 - 4 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	28.18
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	201.98
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	192.11
4. Peso de Agua (gr)	9.87
5. Peso de Suelo seco (gr)	163.93
6. Contenido de Humedad (%)	6.02





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91 Metodo " A "

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

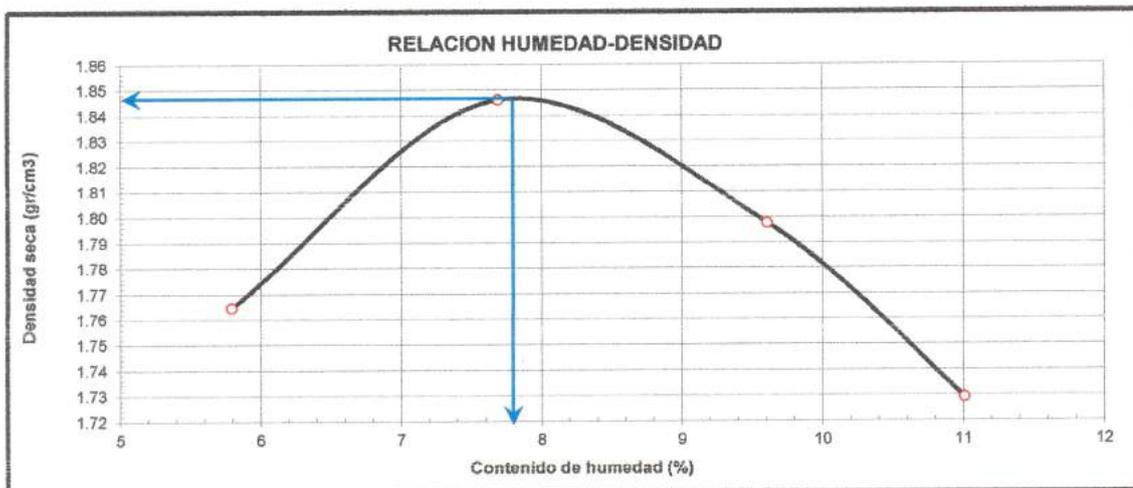
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°3

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3668.00	3792.00	3774.00	3722.00	
Peso molde	(gr)	1757.00	1757.00	1757.00	1757.00	
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1911.00	2035.00	2017.00	1965.00	
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.87	1.99	1.97	1.92	
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	213.00	210.82	215.43	217.09	
Peso del suelo seco + tara	(gr)	202.82	197.70	199.02	198.42	
Tara	(gr)	26.98	27.08	28.18	28.82	
Peso de agua	(gr)	10.18	13.12	16.41	18.67	
Peso del suelo seco	(gr)	175.84	170.62	170.84	169.60	
Contenido de agua	(%)	5.79	7.69	9.61	11.01	
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.765	1.846	1.798	1.729	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.848
<i>Humedad óptima (%)</i>						7.80





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

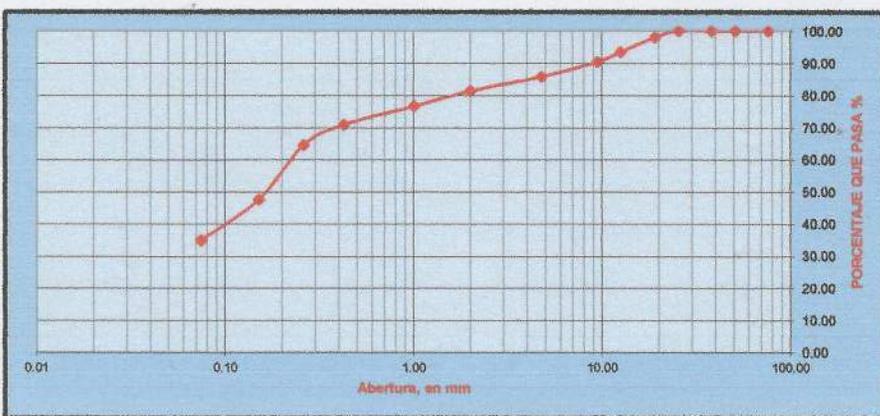
1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
Renzo Leonel Bemabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash **FECHA** : Octubre del 2018

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : Calicata N°4 **PROGRESIVA**: 4+000 Km
MUESTRA : M - 04 **TAMAÑO MÁXIMO** : 1"
PROF.(m) : 0.00 - 1.50 **PESO SECO**: 1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	19.25	98.08
1/2"	12.500	45.35	93.54
3/8"	9.500	30.26	90.51
N° 4	4.750	46.38	85.88
N° 10	2.000	44.99	81.38
N° 20	1.000	46.92	76.69
N° 40	0.425	57.02	70.98
N° 60	0.260	64.08	64.58
N° 100	0.150	169.40	47.64
N° 200	0.074	127.95	34.84
< N° 200	—	348.40	0.00



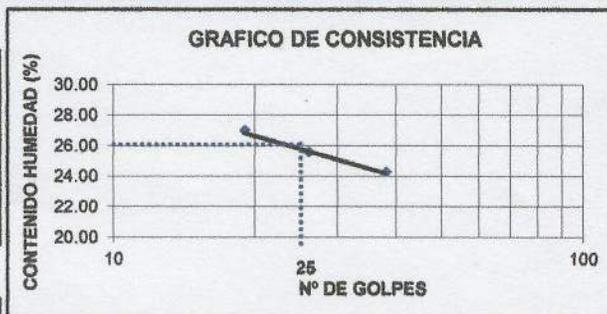
2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGEBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes	38	26	19
2. Peso de Tara (gr)	27.170	27.580	27.070
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	49.020	53.450	46.070
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	44.750	48.180	42.030
5. Peso de Agua (gr)	4.270	5.270	4.040
6. Peso de Suelo seco (gr)	17.580	20.600	14.960
7. Contenido de Humedad (%)	24.289	25.583	27.005

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)	27.93	27.95	29.29
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	33.52	35.85	32.85
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	32.70	34.69	32.34
5. Peso de Agua (gr)	0.82	1.16	0.51
6. Peso de Suelo seco (gr)	4.77	6.74	3.05
7. Contenido de Humedad (%)	17.19	17.21	16.72



Límite Líquido %	26.00
Límite Plástico %	17.04
Índice de Plasticidad %	8.96
Clasific. SUCS	SM
Clasific. AASHTO	A - 4 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	28.15
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	204.85
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	193.22
4. Peso de Agua (gr)	11.63
5. Peso de Suelo seco (gr)	165.07
6. Contenido de Humedad (%)	7.05





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91 Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera

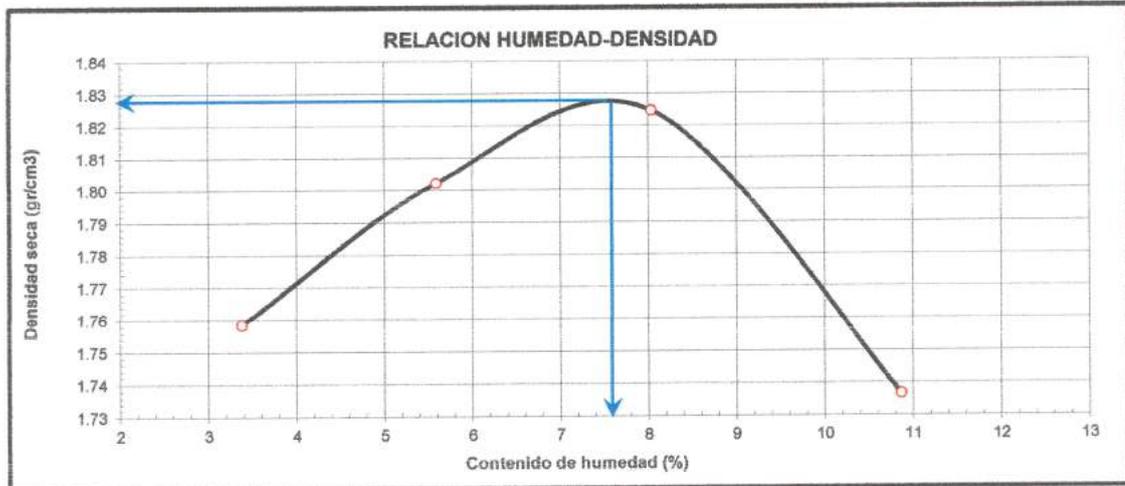
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°4

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3618.00	3705.00	3775.00	3728.00	
Peso molde	(gr)	1757.00	1757.00	1757.00	1757.00	
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1861.00	1948.00	2018.00	1971.00	
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.82	1.90	1.97	1.93	
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	220.02	451.19	462.94	456.90	
Peso del suelo seco + tara	(gr)	213.75	438.77	443.94	432.83	
Tara	(gr)	28.15	216.55	207.53	211.28	
Peso de agua	(gr)	6.27	12.42	19.00	24.07	
Peso del suelo seco	(gr)	185.60	222.22	236.41	221.55	
Contenido de agua	(%)	3.38	5.59	8.04	10.86	
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.759	1.802	1.825	1.737	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.828
<i>Humedad óptima (%)</i>						7.60





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

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

PROYECTO	Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal		
SOLICITA	: Demys Antonio Bautista Baldera		
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash		FECHA : Octubre del 2018
SONDEO	: Calicata N°4		

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.83
Optimo Contenido de Humedad (%)	7.60

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		55	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	13343.00	13050.00	12643.00
2	Peso del molde [gr]	6759.00	6729.00	6714.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6321.00	5929.00
4	Volumen de molde [cm ³]	3219.00	3219.00	3219.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	1.96	1.84

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	27.01	26.81	27.18
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	142.940	157.130	162.990
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	133.240	145.720	150.110
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	11.41	12.88
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	118.91	122.93
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	9.60	10.48
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.79	1.67

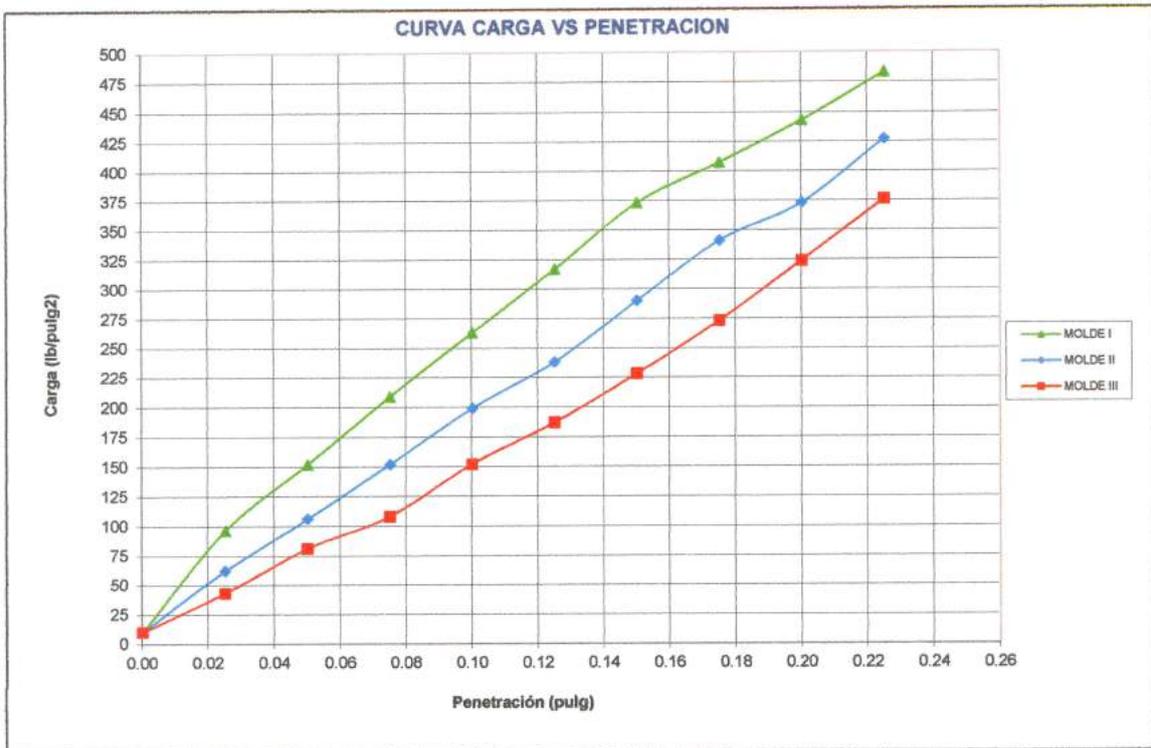
c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

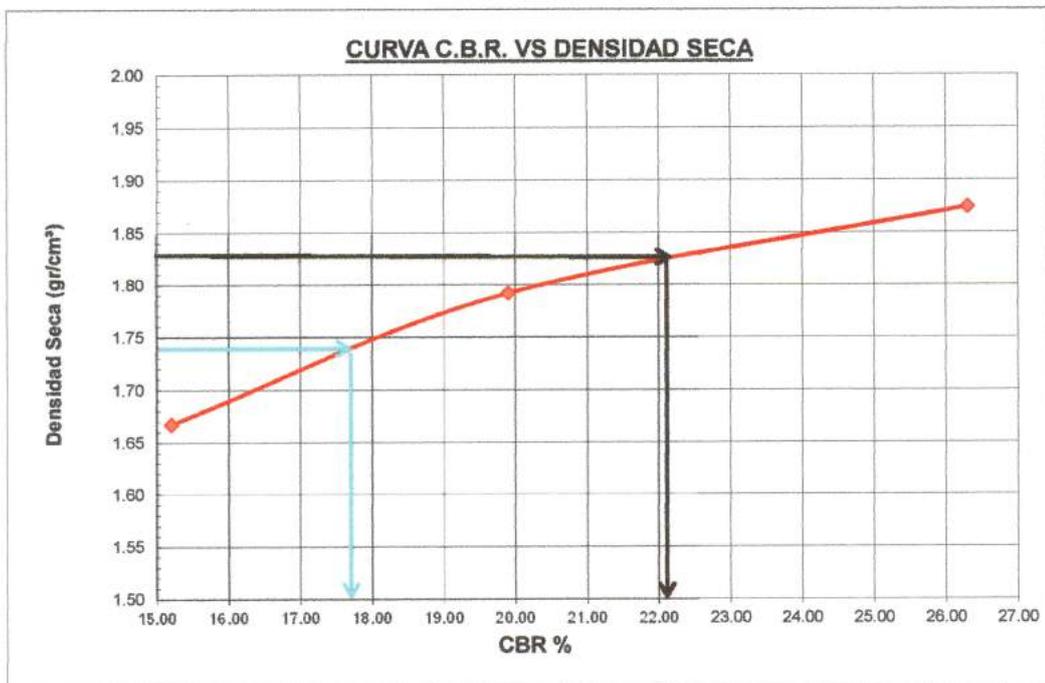
$$\text{Presión (libras/pulg}^2\text{)} = (L \times 7.36 + 30.18) / 3$$

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I (55 Golpes)		Molde N° II (26 Golpes)		Molde N° III (12 Golpes)	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		35.0	96	21.0	62	13.5	43
0.050		58.0	152	39.0	106	29.0	81
0.075		81.0	209	58.0	152	40.0	108
0.100	1000	103.0	263	77.0	199	58.0	152
0.125		125.0	317	93.0	238	72.0	187
0.150		148.0	373	114.0	290	89.0	228
0.175		130.0	407	135.0	341	107.0	273
0.200	1500	147.0	443	148.0	373	128.0	324
0.225		163.5	483	170.0	427	149.0	376





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	263.0	1000	26.30
II	0.1	199.0	1000	19.90
III	0.1	152.0	1000	15.20



C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 100% MDS : 22.10%

C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 95% MDS : 17.85%





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (SUELO-CEMENTO) Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera

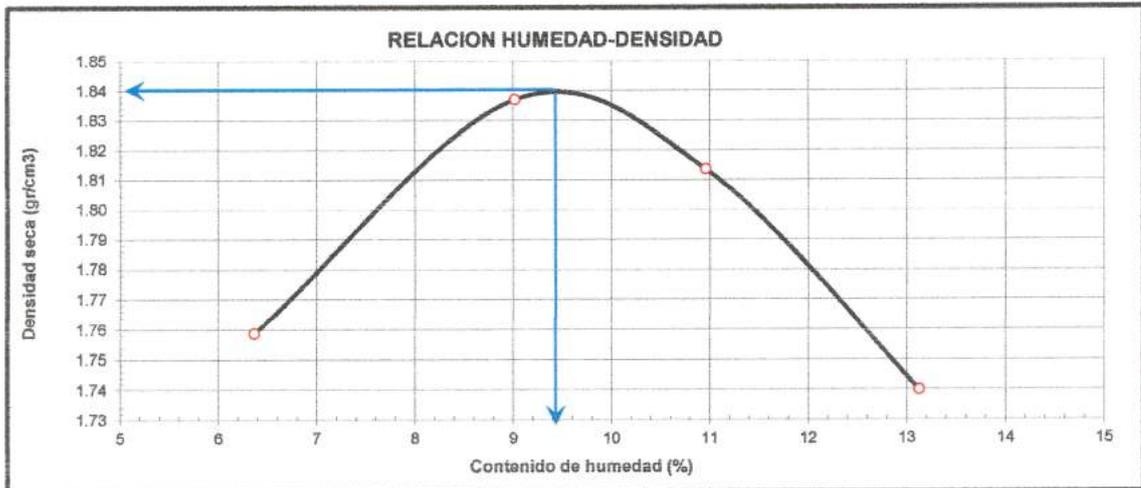
Renzo Leonel Bemabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

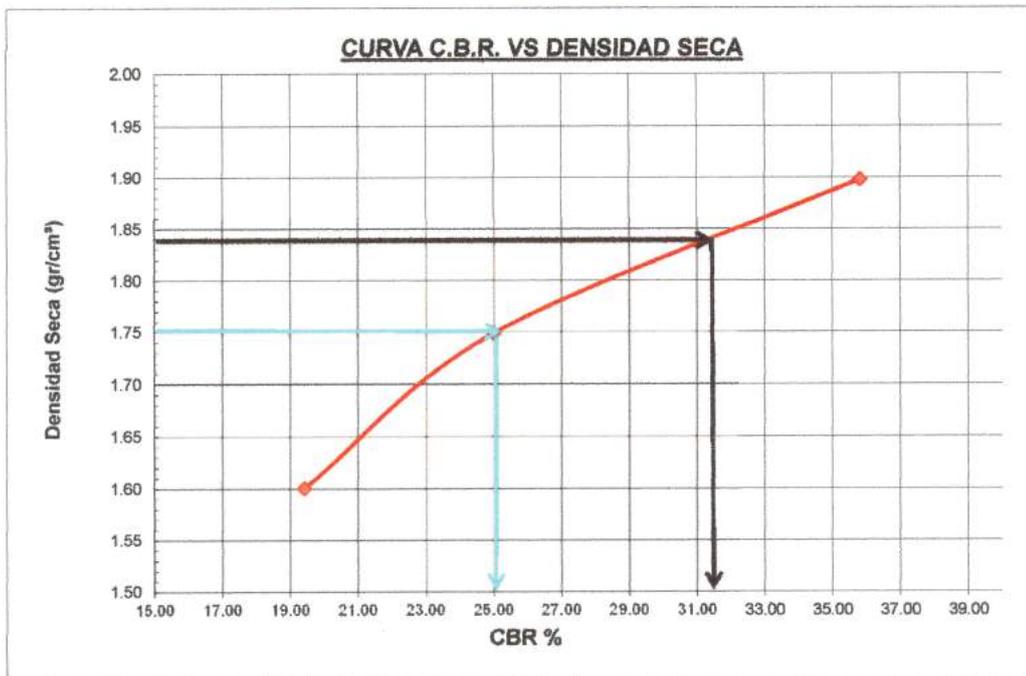
SONDEO : Calicata N°4 (Suelo Estabilizado 5% de Cemento)

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3672.00	3807.00	3817.00	3772.00	
Peso molde	(gr)	1757.00	1757.00	1757.00	1757.00	
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1915.00	2050.00	2060.00	2015.00	
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.87	2.00	2.01	1.97	
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	223.65	195.20	183.70	193.18	
Peso del suelo seco + tara	(gr)	211.95	181.39	168.29	174.01	
Tara	(gr)	28.15	28.21	27.65	27.98	
Peso de agua	(gr)	11.70	13.81	15.41	19.17	
Peso del suelo seco	(gr)	183.80	153.18	140.64	146.03	
Contenido de agua	(%)	6.37	9.02	10.96	13.13	
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.759	1.837	1.814	1.740	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.840
<i>Humedad óptima (%)</i>						9.40





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	358.0	1000	35.80
II	0.1	250.0	1000	25.00
III	0.1	194.0	1000	19.40



C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 100% MDS :	31.50%
--------------------------------------	--------

C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 95% MDS :	25.00%
-------------------------------------	--------





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (SUELO-CEMENTO) Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera

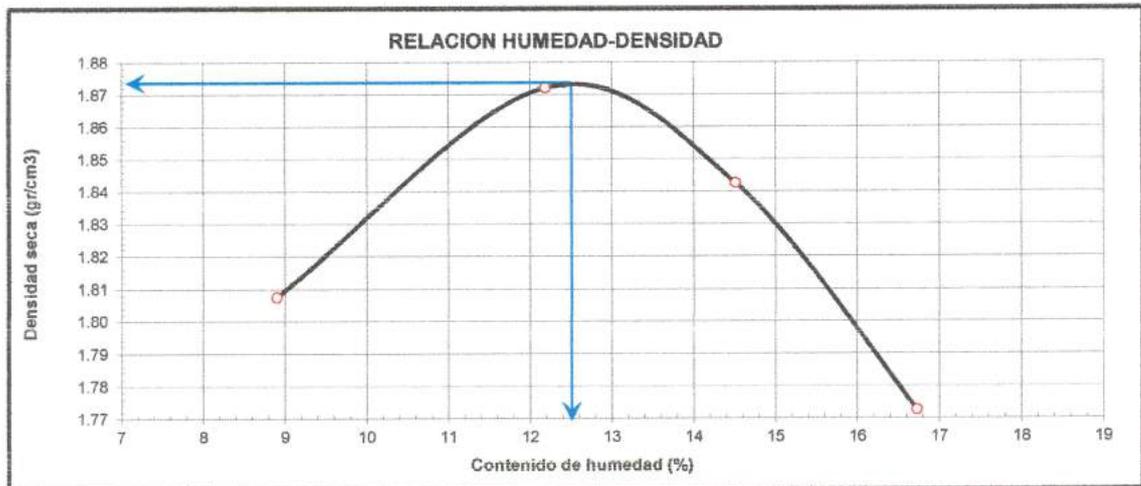
Renzo Leonel Bemabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°4 (Suelo Estabilizado 7% de Cemento)

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3772.00	3907.00	3917.00	3875.00	
Peso molde	(gr)	1757.00	1757.00	1757.00	1757.00	
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	2015.00	2150.00	2160.00	2118.00	
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.97	2.10	2.11	2.07	
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	221.55	193.10	181.60	191.08	
Peso del suelo seco + tara	(gr)	205.75	175.19	162.09	167.71	
Tara	(gr)	28.15	28.21	27.65	27.98	
Peso de agua	(gr)	15.80	17.91	19.51	23.37	
Peso del suelo seco	(gr)	177.60	146.98	134.44	139.73	
Contenido de agua	(%)	8.90	12.19	14.51	16.73	
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.808	1.872	1.843	1.773	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.874
<i>Humedad óptima (%)</i>						12.50





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

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

PROYECTO	Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal		
SOLICITA	Demys Antonio Bautista Baldera		
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash		FECHA : Octubre del 2018
SONDEO	: Calicata N°4 (Suelo Estabilizado 7% de Cemento)		

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca [gr/cm ³]	1.87
Óptimo Contenido de Humedad (%)	12.50

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		55	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	13691.00	13259.00	12799.00
2	Peso del molde [gr]	6759.00	6729.00	6714.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6530.00	6085.00
4	Volumen de molde [cm ³]	3219.00	3219.00	3219.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.03	1.89

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	32.61	29.44	25.33
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	142.940	157.130	162.990
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	132.120	145.990	149.110
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	11.14	13.88
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	116.55	123.78
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	9.56	11.21
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.85	1.70

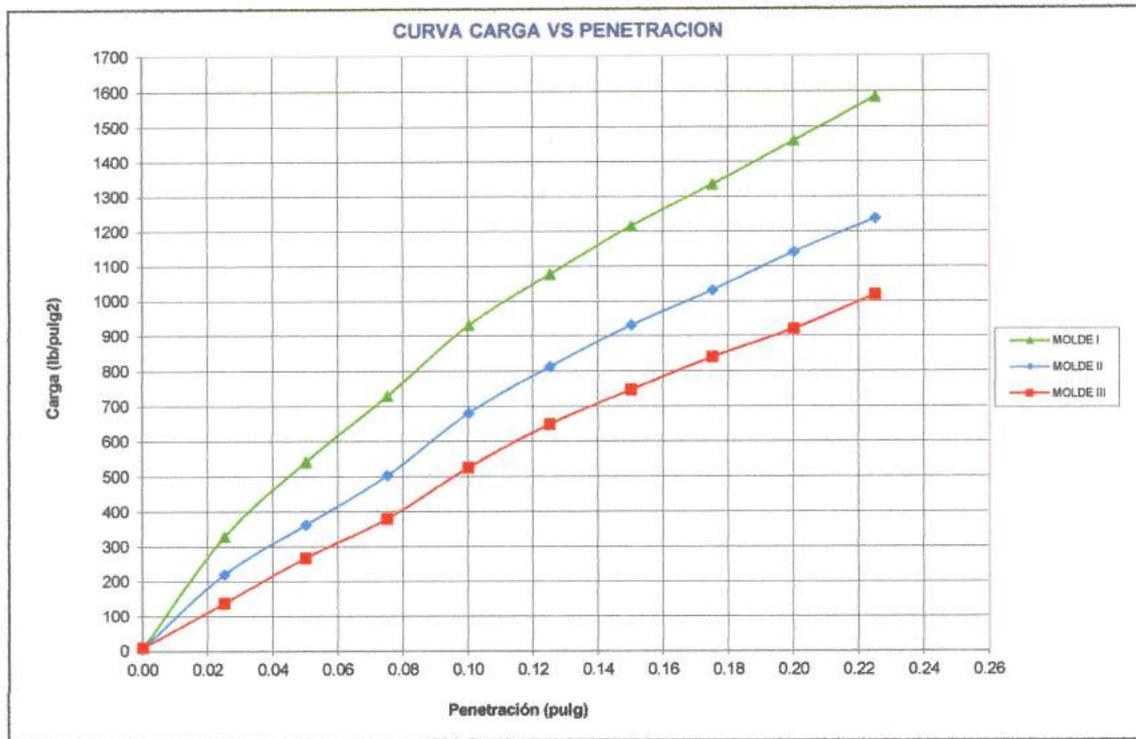
c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

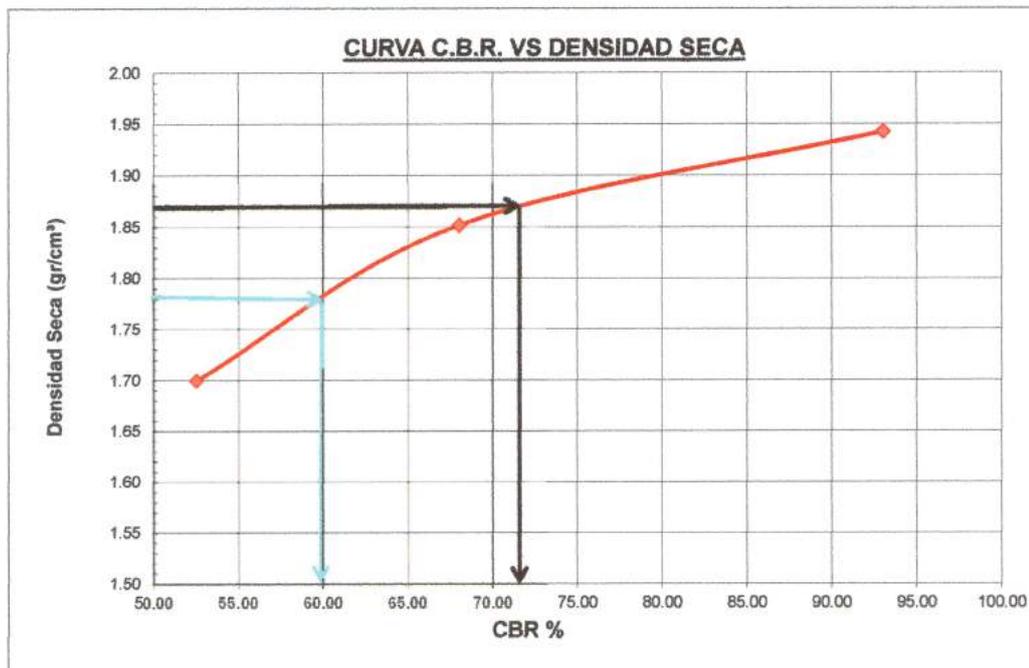
$$\text{Presión (libras/pulg}^2\text{)} = (L \times 7.36 + 30.18) / 3$$

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I (55 Golpes)		Molde N° II (26 Golpes)		Molde N° III (12 Golpes)	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		130.0	329	86.0	221	52.0	138
0.050		217.0	542	144.0	363	105.0	268
0.075		293.0	729	201.0	503	151.0	380
0.100	1000	375.0	930	273.0	680	210.0	525
0.125		435.0	1077	327.0	812	260.0	648
0.150		491.0	1215	375.0	930	300.0	746
0.175		540.0	1335	416.0	1031	338.0	839
0.200	1500	591.0	1460	461.0	1141	371.0	920
0.225		642.0	1585	500.0	1237	411.0	1018





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	930.0	1000	93.00
II	0.1	680.0	1000	68.00
III	0.1	525.0	1000	52.50



C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 100% MDS : 72.00%

C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 95% MDS : 60.00%





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO (SUELO-CEMENTO) Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera

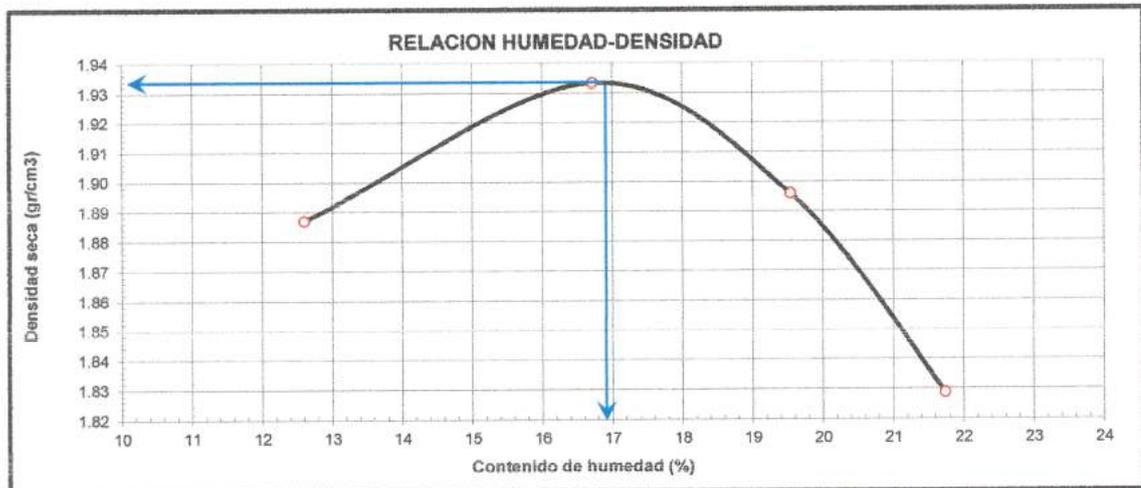
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°4 (Suelo Estabilizado 10% de Cemento)

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3932.00	4067.00	4077.00	4036.00	
Peso molde	(gr)	1757.00	1757.00	1757.00	1757.00	
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	2175.00	2310.00	2320.00	2279.00	
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	
Peso volumétrico húmedo	(gr)	2.12	2.26	2.27	2.23	
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	225.76	197.31	185.85	195.53	
Peso del suelo seco + tara	(gr)	203.65	173.09	159.99	165.61	
Tara	(gr)	28.15	28.21	27.65	27.98	
Peso de agua	(gr)	22.11	24.22	25.86	29.92	
Peso del suelo seco	(gr)	175.50	144.88	132.34	137.63	
Contenido de agua	(%)	12.60	16.72	19.54	21.74	
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.887	1.933	1.896	1.829	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.934
<i>Humedad óptima (%)</i>						16.90





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

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

PROYECTO	Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal		
SOLICITA	Demys Antonio Bautista Baldera		
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash		FECHA : Octubre del 2018
SONDEO	: Calicata N°4 (Suelo Estabilizado 10% de Cemento)		

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.93
Optimo Contenido de Humedad (%)	16.90

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		55	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	14151.00	13536.00	13164.00
2	Peso del molde [gr]	6759.00	6729.00	6714.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6807.00	6450.00
4	Volumen de molde [cm ³]	3219.00	3219.00	3219.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.11	2.00

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	33.13	25.18	26.77
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	142.940	157.130	162.990
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	128.660	139.460	144.120
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	17.67	18.87
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	114.28	117.35
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	15.46	16.08
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.83	1.73

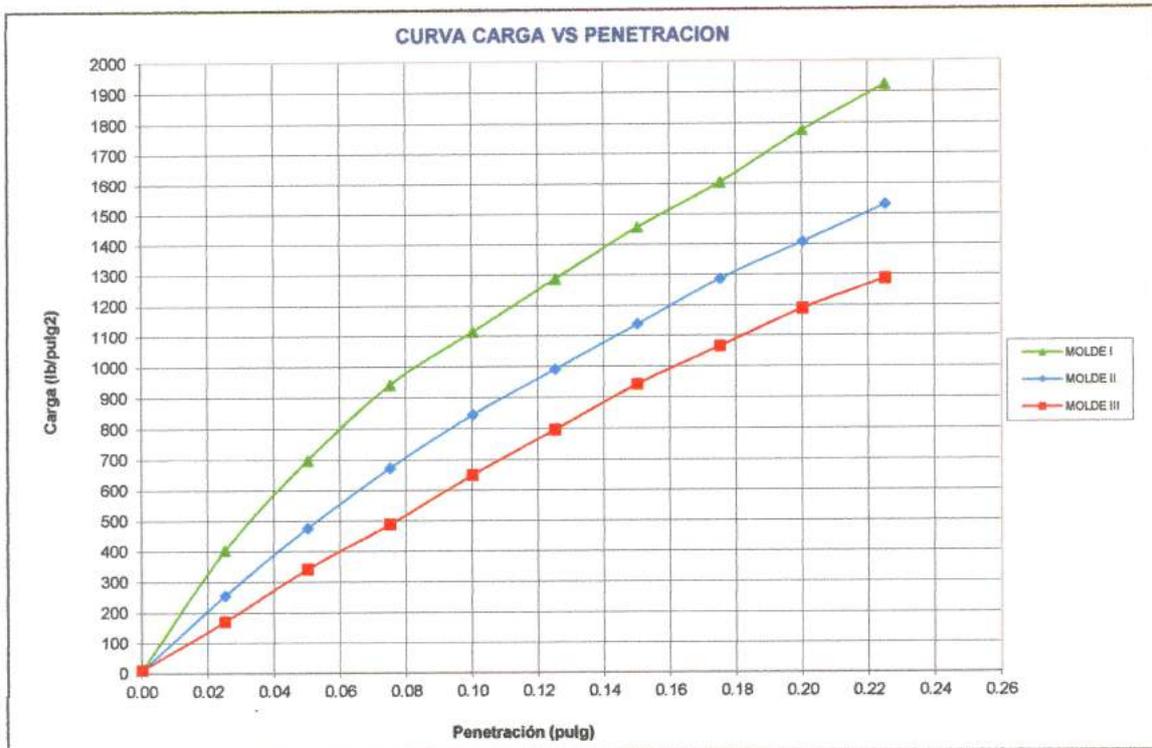
c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

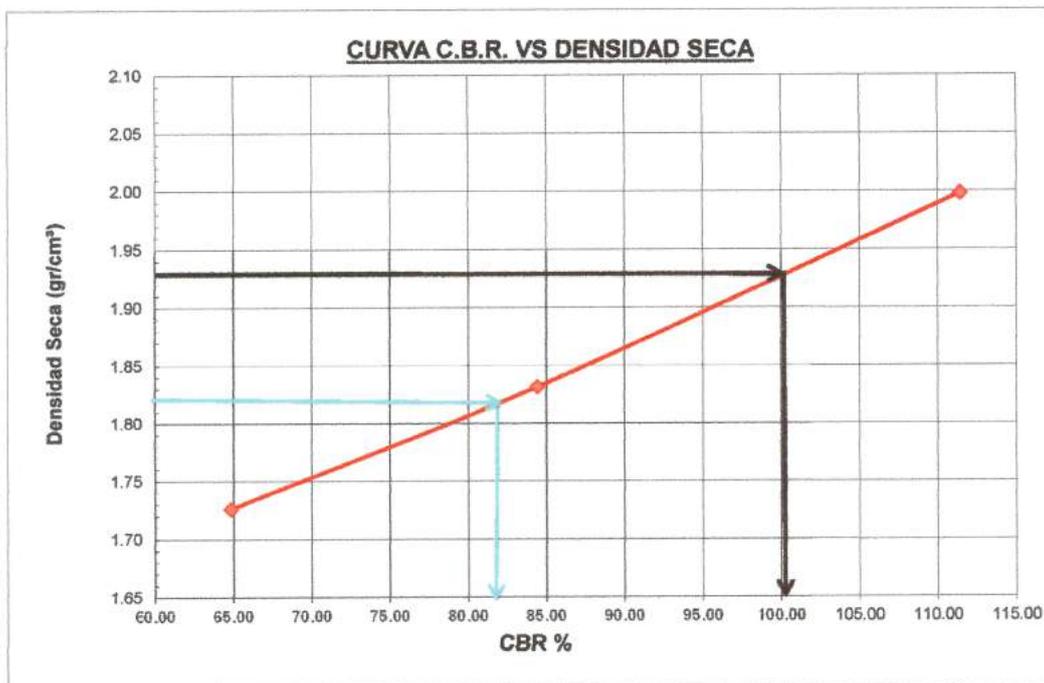
Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I (55 Golpes)		Molde N° II (26 Golpes)		Molde N° III (12 Golpes)	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		160.0	403	100.0	255	65.0	170
0.050		280.0	697	190.0	476	135.0	341
0.075		380.0	942	270.0	672	195.0	488
0.100	1000	450.0	1114	340.0	844	260.0	648
0.125		520.0	1286	400.0	991	320.0	795
0.150		590.0	1457	460.0	1138	380.0	942
0.175		650.0	1605	520.0	1286	430.0	1065
0.200	1500	720.0	1776	570.0	1408	480.0	1188
0.225		780.0	1923	620.0	1531	520.0	1286





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	1114.0	1000	111.40
II	0.1	844.0	1000	84.40
III	0.1	648.0	1000	64.80



C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 100% MDS :	101.00%
C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 95% MDS :	82.00%





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO	Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal		
SOLICITA	: Demys Antonio Bautista Baldera Renzo Leonel Bernabe Aguilar		
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash		FECHA : Octubre del 2018
DATOS DE LA MUESTRA			
SONDEO	: Calicata N°5	PROGRESIVA:	5+000 Km
MUESTRA	: M - 05	TAMAÑO MAXIMO :	1"
PROF.(m)	: 0.00 - 1.50	PESO SECO:	1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
1/2"	12.500	17.59	98.24
3/8"	9.500	8.61	97.38
N° 4	4.750	14.63	95.92
N° 10	2.000	32.31	92.69
N° 20	1.000	43.69	88.32
N° 40	0.425	47.01	83.82
N° 60	0.260	61.38	77.48
N° 100	0.150	296.71	47.81
N° 200	0.074	96.64	38.14
< N° 200	—	381.43	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Limite Liquido %	NP
Limite Plastico %	NP
Indice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SM
Clasific. AASHTO	A - 2 - 4 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	27.97
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	205.28
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	192.05
4. Peso de Agua (gr)	13.23
5. Peso de Suelo seco (gr)	164.08
6. Contenido de Humedad (%)	8.06





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91 Metodo " A "

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA Demys Antonio Bautista Baldera

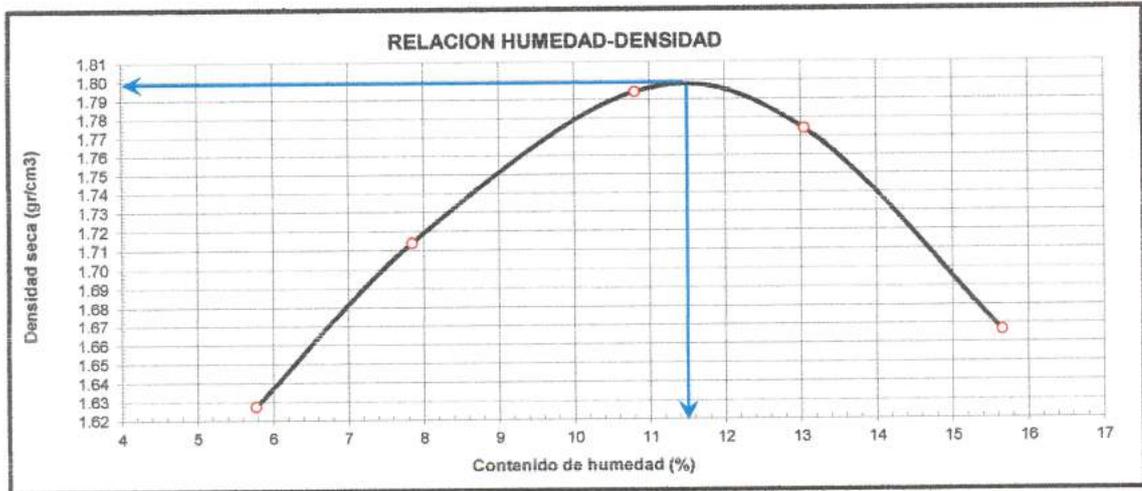
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°5

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3765.00	3895.00	4038.00	4056.00	3976.00
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1762.00	1892.00	2035.00	2053.00	1973.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.72	1.85	1.99	2.01	1.93
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	250.80	263.25	263.38	249.62	551.09
Peso del suelo seco + tara	(gr)	238.70	246.13	240.42	223.57	505.80
Tara	(gr)	29.04	27.89	27.97	23.92	216.50
Peso de agua	(gr)	12.10	17.12	22.96	26.05	45.29
Peso del suelo seco	(gr)	209.66	218.24	212.45	199.65	289.30
Contenido de agua	(%)	5.77	7.84	10.81	13.05	15.66
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.627	1.714	1.794	1.774	1.666
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.798
<i>Humedad óptima (%)</i>						11.50



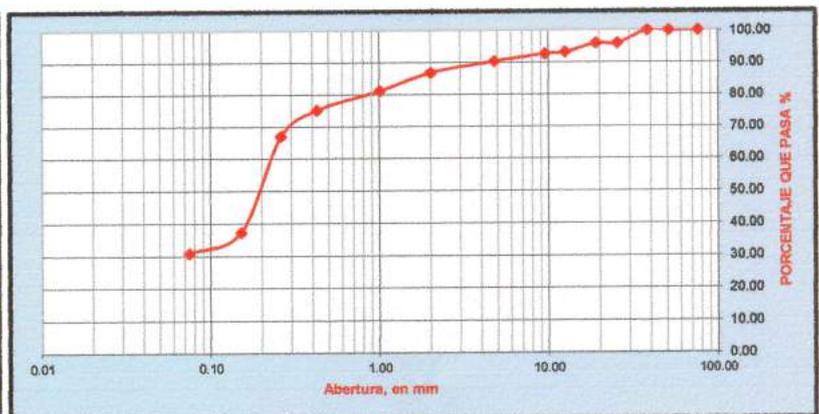


FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO	Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal		
SOLICITA	:Demys Antonio Bautista Baldera Renzo Leonel Bernabe Aguilar		
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA	: Octubre del 2018
DATOS DE LA MUESTRA			
SONDEO	: Calicata N°6	PROGRESIVA:	6+000 Km
MUESTRA	: M - 06	TAMAÑO MAXIMO :	1"
PROF.(m)	: 0.00 - 1.50	PESO SECO:	1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	39.90	96.01
3/4"	19.050	0.00	96.01
1/2"	12.500	28.36	93.17
3/8"	9.500	5.05	92.67
Nº 4	4.750	22.87	90.38
Nº 10	2.000	35.95	86.79
Nº 20	1.000	56.71	81.12
Nº 40	0.425	59.62	75.15
Nº 60	0.260	81.87	66.97
Nº 100	0.150	297.60	37.21
Nº 200	0.074	64.90	30.72
< N° 200	—	307.17	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Limite Liquido %	NP
Limite Plastico %	NP
Indice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SM
Clasific. AASHTO	A - 2 - 4 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	28.04
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	203.22
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	190.01
4. Peso de Agua (gr)	13.21
5. Peso de Suelo seco (gr)	161.97
6. Contenido de Humedad (%)	8.16





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91 Metodo " A "

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera

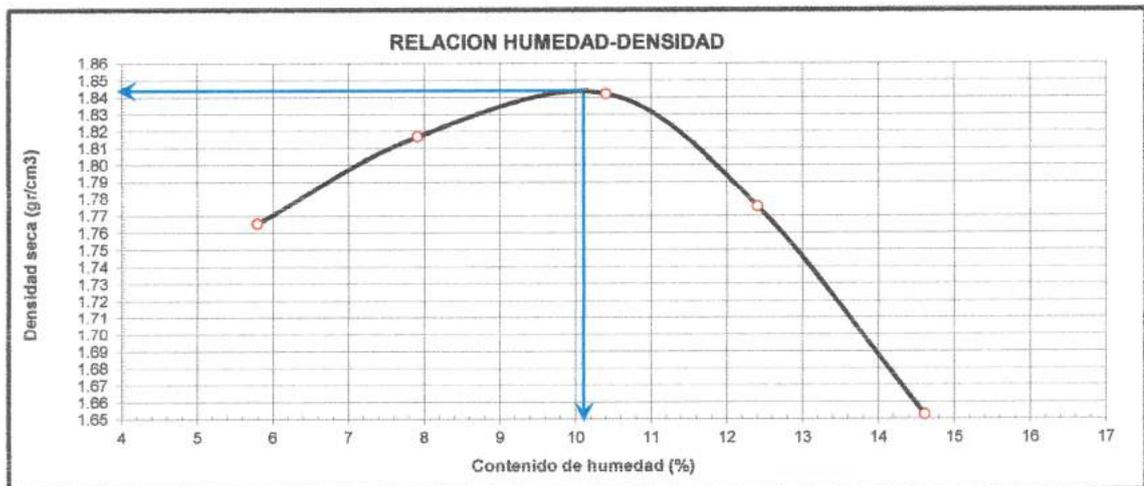
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°6

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3915.00	4010.00	4085.00	4046.00	3942.00
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1912.00	2007.00	2082.00	2043.00	1939.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.87	1.96	2.03	2.00	1.89
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	250.90	231.59	282.69	224.33	263.04
Peso del suelo seco + tara	(gr)	238.70	216.57	258.65	203.96	232.95
Tara	(gr)	28.04	26.72	27.61	39.77	27.04
Peso de agua	(gr)	12.20	15.02	24.04	20.37	30.09
Peso del suelo seco	(gr)	210.66	189.85	231.04	164.19	205.91
Contenido de agua	(%)	5.79	7.91	10.41	12.41	14.61
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.766	1.817	1.842	1.775	1.653
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.843
<i>Humedad óptima (%)</i>						10.10





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Baufista Baidera

Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : Calicata N°7

MUESTRA : M - 07

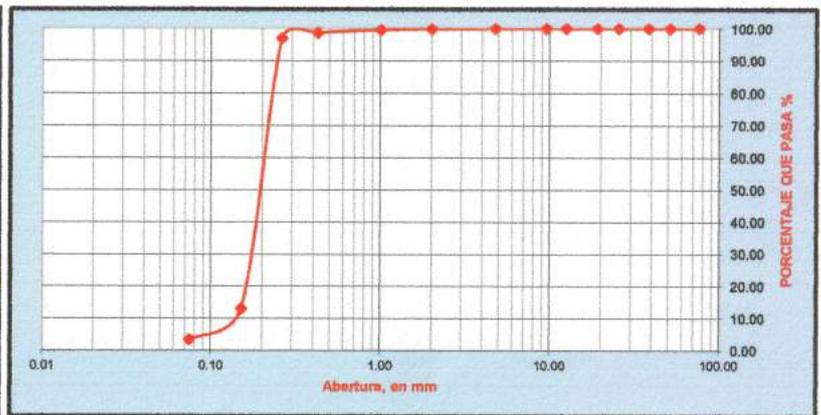
PROF.(m) : 0.00 - 1.50

PROGRESIVA: 7+000 Km

TAMAÑO MAXIMO : 1"

PESO SECO: 1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.78	99.92
N° 10	2.000	0.77	99.85
N° 20	1.000	2.78	99.57
N° 40	0.425	8.83	98.68
N° 60	0.260	17.17	96.97
N° 100	0.150	839.33	13.03
N° 200	0.074	96.36	3.40
< N° 200	—	33.98	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Límite Líquido %	NP
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SP
Clasific. AASHTO	A - 3 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	28.79
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	202.03
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	190.10
4. Peso de Agua (gr)	11.93
5. Peso de Suelo seco (gr)	161.31
6. Contenido de Humedad (%)	7.40





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91 Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

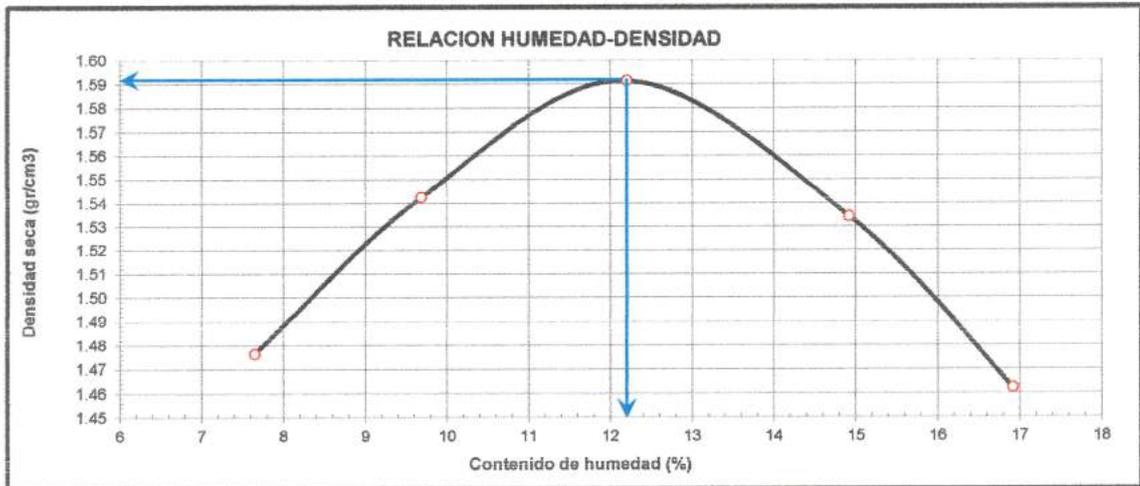
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°7

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3630.00	3735.00	3831.00	3808.00	3753.00
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1627.00	1732.00	1828.00	1805.00	1750.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.59	1.69	1.79	1.76	1.71
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	208.28	217.94	235.55	216.06	218.94
Peso del suelo seco + tara	(gr)	195.51	201.16	213.06	191.13	191.41
Tara	(gr)	28.55	27.92	28.79	24.02	28.67
Peso de agua	(gr)	12.77	16.78	22.49	24.93	27.53
Peso del suelo seco	(gr)	166.96	173.24	184.27	167.11	162.74
Contenido de agua	(%)	7.65	9.69	12.20	14.92	16.92
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.476	1.543	1.591	1.534	1.462
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.591
<i>Humedad óptima (%)</i>						12.20





FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

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

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Punte-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera

Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°7

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.591
Óptimo Contenido de Humedad (%)	12.200

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		55	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	12353.00	11782.00	11532.00
2	Peso del molde [gr]	6782.00	6694.00	6759.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5088.00	4773.00
4	Volumen de molde [cm ³]	3219.00	3219.00	3219.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	1.58	1.48

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	28.65	31.21	27.99
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	168.810	217.220	185.650
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	158.650	197.550	169.330
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	19.67	16.32
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	130.00	141.34
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	7.82	11.55
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.61	1.33

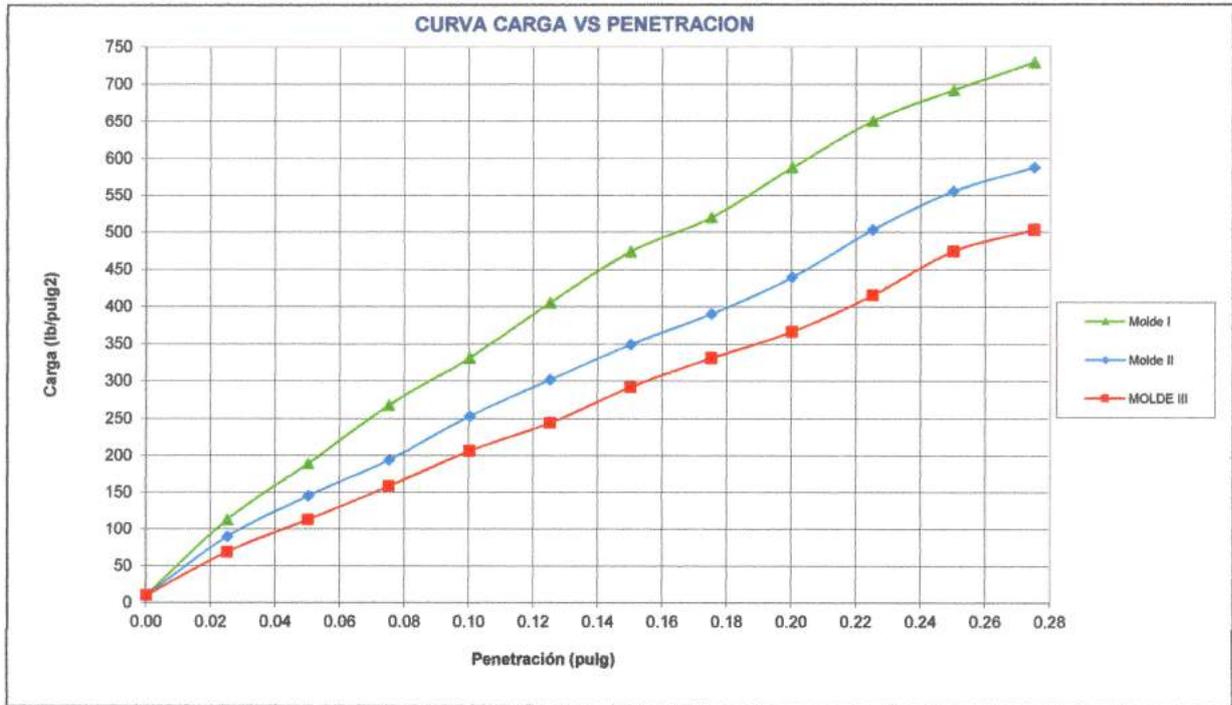
c) Prueba de penetración

Área del anillo = 3 pulg²

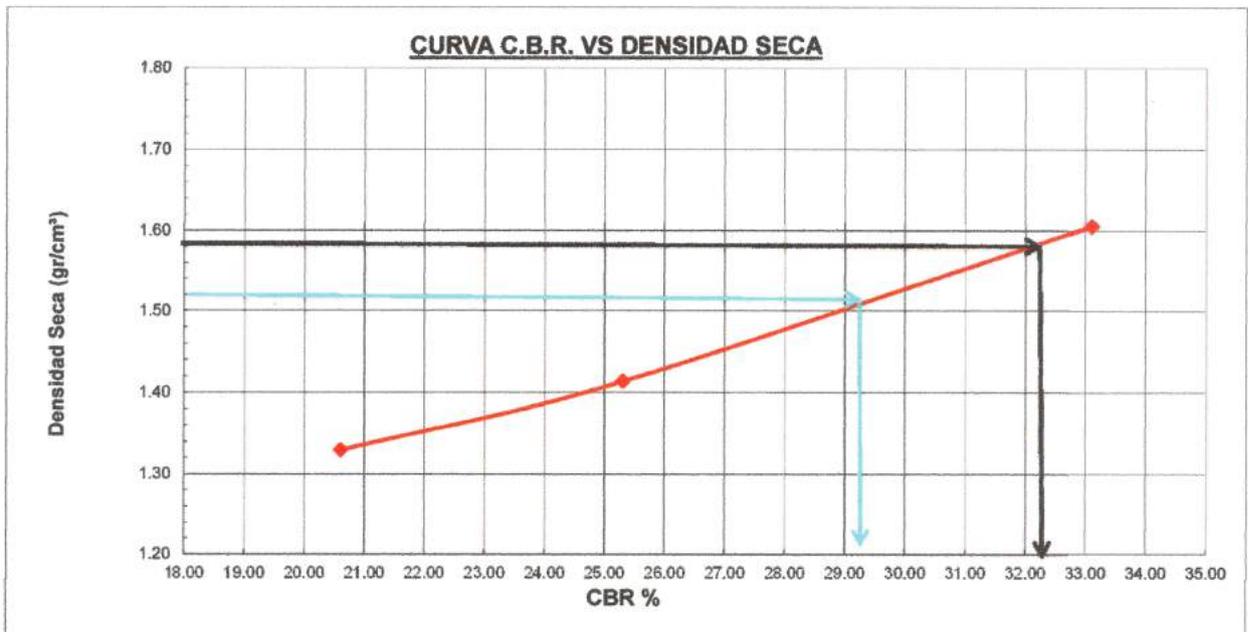
Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36 + 30.18) / 3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I (55 Golpes)		Molde N° II (26 Golpes)		Molde N° III (12 Golpes)	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		42.0	113	32.5	90	24.0	69
0.050		73.0	189	55.0	145	42.0	113
0.075		105.0	268	75.0	194	60.5	158
0.100	1000	131.0	331	99.0	253	80.0	206
0.125		161.0	405	119.0	302	95.5	244
0.150		189.0	474	138.0	349	115.0	292
0.175		208.0	520	155.0	390	131.0	331
0.200	1500	235.0	587	175.0	439	145.0	366
0.225		261.0	650	201.0	503	165.0	415
0.250		278.0	692	222.0	555	189.0	474
0.275		293.0	729	235.0	587	201.0	503





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	331.0	1000	33.10
II	0.1	253.0	1000	25.30
III	0.1	206.0	1000	20.60



C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 100% MDS :	32.40%
--------------------------------------	--------

C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 95% MDS :	29.20%
-------------------------------------	--------





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA
CHIMBOTE - PERU

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : Calicata N°8

MUESTRA : M - 08

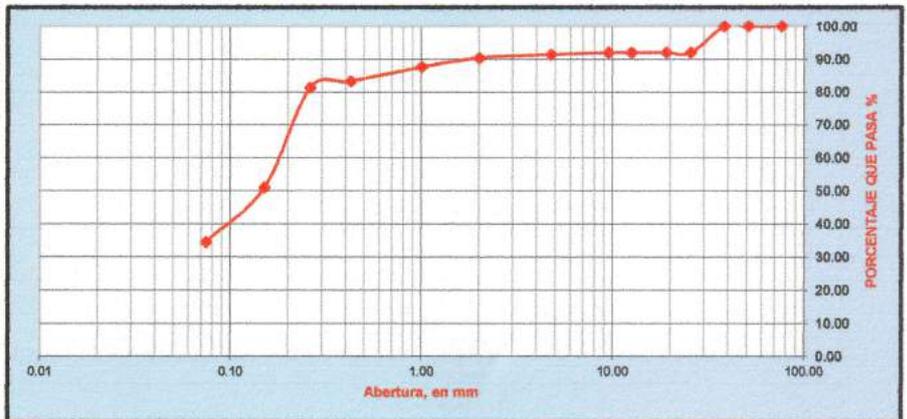
PROF.(m) : 0.00 - 1.50

PROGRESIVA: 8+000 Km

TAMAÑO MAXIMO: 1"

PESO SECO: 1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	80.41	91.96
3/4"	19.050	0.00	91.96
1/2"	12.500	0.00	91.96
3/8"	9.500	0.00	91.96
Nº 4	4.750	5.61	91.40
Nº 10	2.000	10.31	90.37
Nº 20	1.000	27.70	87.60
Nº 40	0.425	43.82	83.22
Nº 60	0.260	19.44	81.27
Nº 100	0.150	303.37	50.93
Nº 200	0.074	164.87	34.45
< Nº 200	—	344.47	0.00



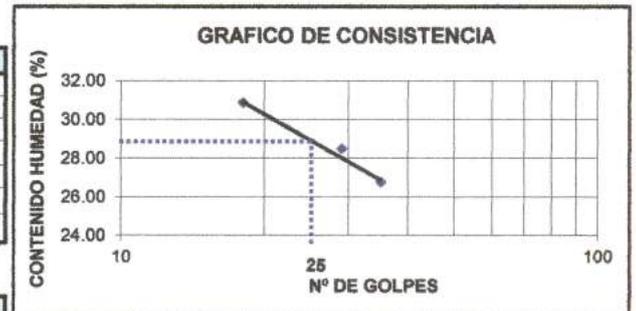
2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes	35	29	18
2. Peso de Tara (gr)	28.60	27.00	26.96
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	45.70	51.54	53.98
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	42.09	46.10	47.61
5. Peso de Agua (gr)	3.61	5.44	6.37
6. Peso de Suelo seco (gr)	13.49	19.10	20.65
7. Contenido de Humedad (%)	26.76	28.48	30.85

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)	28.20	27.01	27.56
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	32.79	31.90	30.90
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	32.01	31.09	30.36
5. Peso de Agua (gr)	0.78	0.81	0.54
6. Peso de Suelo seco (gr)	3.81	4.08	2.80
7. Contenido de Humedad (%)	20.47	19.85	19.29



Limite Líquido %	26.00
Limite Plástico %	22.30
Índice de Plasticidad %	3.70
Clasific. SUCS	SM
Clasific. AASHTO	A - 2 - 4

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	28.54
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	201.85
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	190.56
4. Peso de Agua (gr)	11.29
5. Peso de Suelo seco (gr)	162.02
6. Contenido de Humedad (%)	6.97





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91 Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera

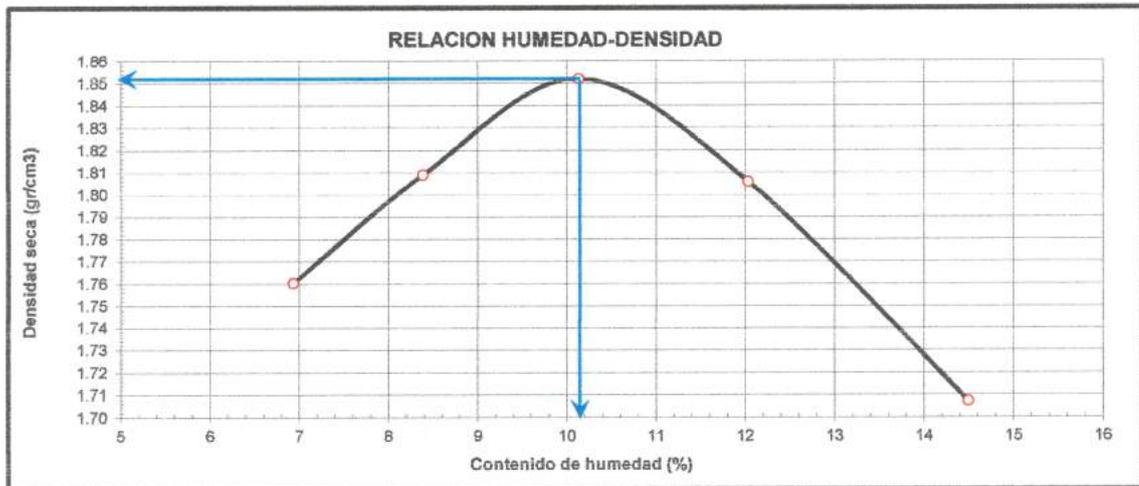
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°8

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3684.00	3764.00	3845.00	3828.00	3758.00
Peso molde	(gr)	1757.00	1757.00	1757.00	1757.00	1757.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1927.00	2007.00	2088.00	2071.00	2001.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.88	1.96	2.04	2.02	1.95
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	210.50	203.81	370.45	407.12	225.50
Peso del suelo seco + tara	(gr)	198.72	190.25	352.87	386.09	200.37
Tara	(gr)	28.77	28.54	179.36	211.30	27.02
Peso de agua	(gr)	11.78	13.56	17.58	21.03	25.13
Peso del suelo seco	(gr)	169.95	161.71	173.51	174.79	173.35
Contenido de agua	(%)	6.93	8.39	10.13	12.03	14.50
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.760	1.809	1.852	1.806	1.707
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.852
<i>Humedad óptima (%)</i>						10.18





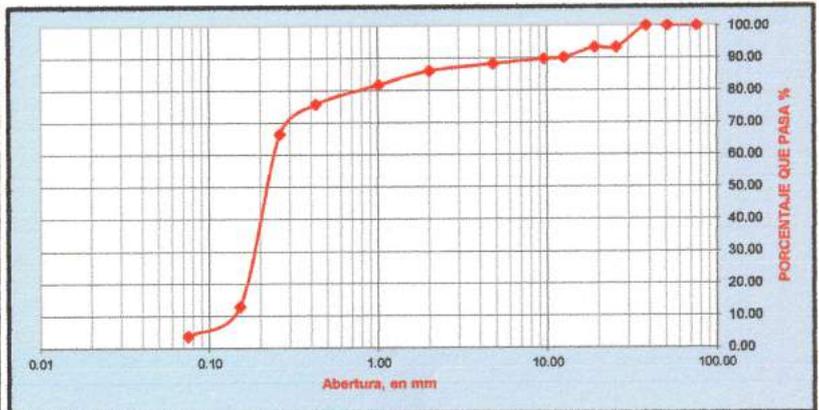
UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO	Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal		
SOLICITA	:Demys Antonio Bautista Baldera Renzo Leonel Bernabe Aguilar		
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash		FECHA : Octubre del 2018
DATOS DE LA MUESTRA			
SONDEO	: Calicata N°9	PROGRESIVA:	9+000 Km
MUESTRA	: M - 09	TAMAÑO MÁXIMO :	1"
PROF.(m)	: 0.00 - 1.50	PESO SECO:	1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	67.56	93.24
3/4"	19.050	0.00	93.24
1/2"	12.500	31.16	90.13
3/8"	9.500	4.41	89.69
N° 4	4.750	15.01	88.19
N° 10	2.000	21.80	86.01
N° 20	1.000	43.68	81.64
N° 40	0.425	59.82	75.66
N° 60	0.260	92.80	66.38
N° 100	0.150	535.24	12.85
N° 200	0.074	91.86	3.67
< N° 200	—	36.66	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Límite Líquido %	NP
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SP
Clasific. AASHTO	A - 3 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	28.20
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	203.93
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	191.34
4. Peso de Agua (gr)	12.59
5. Peso de Suelo seco (gr)	163.14
6. Contenido de Humedad (%)	7.72





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91 Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

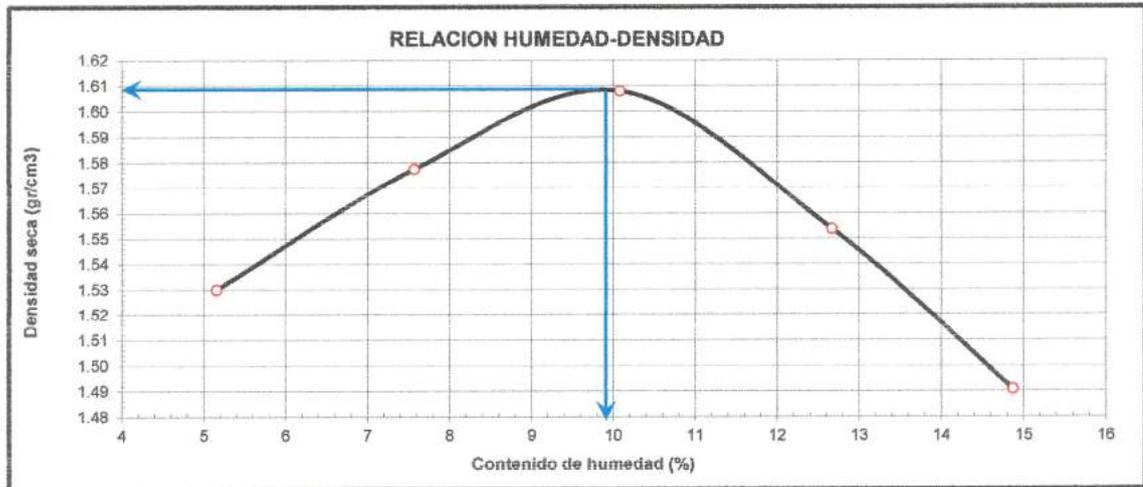
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°9

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3650.00	3740.00	3815.00	3795.00	3756.00
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1647.00	1737.00	1812.00	1792.00	1753.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.61	1.70	1.77	1.75	1.71
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	265.48	297.65	249.40	266.95	258.35
Peso del suelo seco + tara	(gr)	253.80	278.69	229.17	240.08	228.63
Tara	(gr)	27.22	28.20	28.49	27.98	28.80
Peso de agua	(gr)	11.68	18.96	20.23	26.87	29.72
Peso del suelo seco	(gr)	226.58	250.49	200.68	212.10	199.83
Contenido de agua	(%)	5.15	7.57	10.08	12.67	14.87
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.530	1.577	1.608	1.554	1.491
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.609
<i>Humedad óptima (%)</i>						9.90





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : Calicata N°10

MUESTRA : M - 10

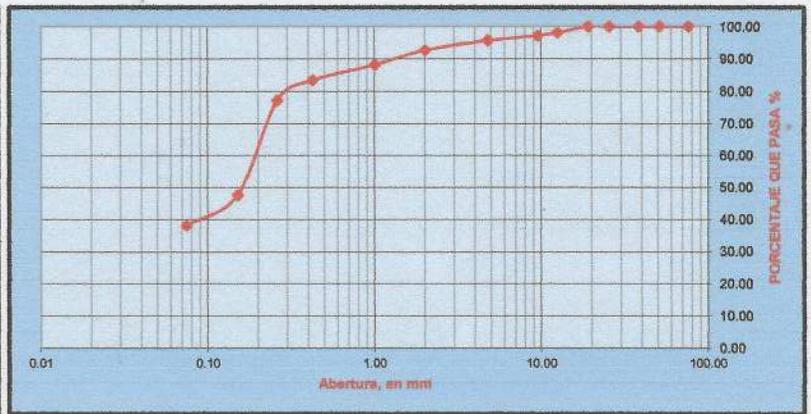
PROF.(m) : 0.00 - 1.50

PROGRESIVA: 10+000 Km

TAMAÑO MAXIMO : 1"

PESO SECO: 1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
1/2"	12.500	18.58	98.14
3/8"	9.500	9.60	97.18
N° 4	4.750	14.52	95.73
N° 10	2.000	30.40	92.69
N° 20	1.000	44.68	88.22
N° 40	0.425	48.02	83.42
N° 60	0.260	62.37	77.18
N° 100	0.150	295.70	47.61
N° 200	0.074	95.63	38.05
< N° 200	—	380.50	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Limite Liquido %	NP
Limite Plastico %	NP
Indice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SM
Clasific. AASHTO	A - 4 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	23.92
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	162.72
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	153.60
4. Peso de Agua (gr)	9.12
5. Peso de Suelo seco (gr)	129.68
6. Contenido de Humedad (%)	7.03





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91
Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera

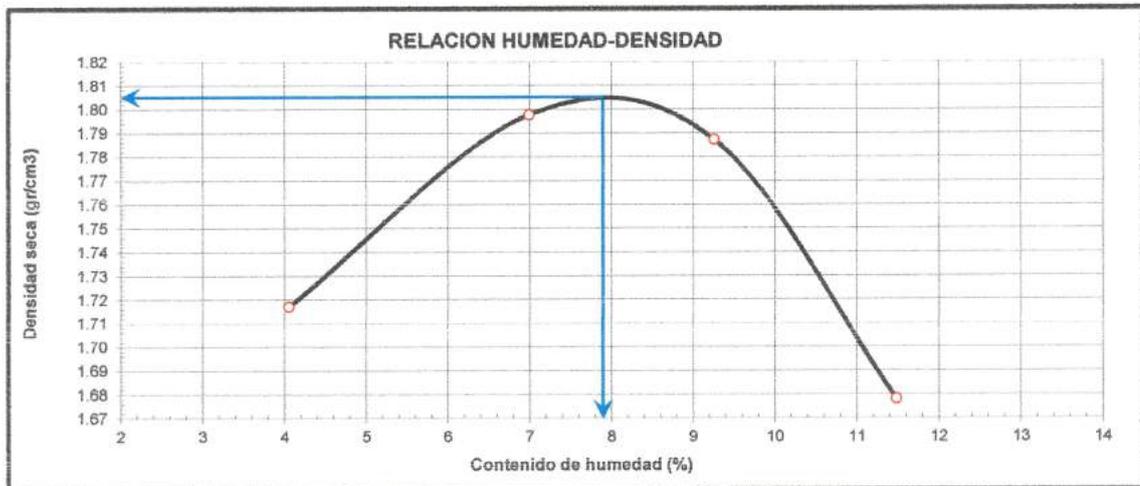
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°10

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3832.00	3972.00	4002.00	3918.00	
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1829.00	1969.00	1999.00	1915.00	
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.79	1.92	1.95	1.87	
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	214.94	232.90	213.70	217.34	
Peso del suelo seco + tara	(gr)	207.66	219.56	197.63	197.91	
Tara	(gr)	27.92	28.79	24.02	28.67	
Peso de agua	(gr)	7.28	13.34	16.07	19.43	
Peso del suelo seco	(gr)	179.74	190.77	173.61	169.24	
Contenido de agua	(%)	4.05	6.99	9.26	11.48	
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.717	1.798	1.787	1.678	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.806
<i>Humedad óptima (%)</i>						7.90





FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

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

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash **FECHA** : Octubre del 2018
SONDEO : Calicata N°10

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.806
Optimo Contenido de Humedad (%)	7.900

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		55	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	13264.00	12878.00	12222.00
2	Peso del molde [gr]	6782.00	6694.00	6759.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6184.00	5463.00
4	Volumen de molde [cm ³]	3219.00	3219.00	3219.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	1.92	1.70

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	31.95	26.09	29.11
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	182.500	209.310	185.190
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	171.630	189.220	168.770
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	20.09	16.42
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	163.13	139.66
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.32	11.76
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.71	1.52

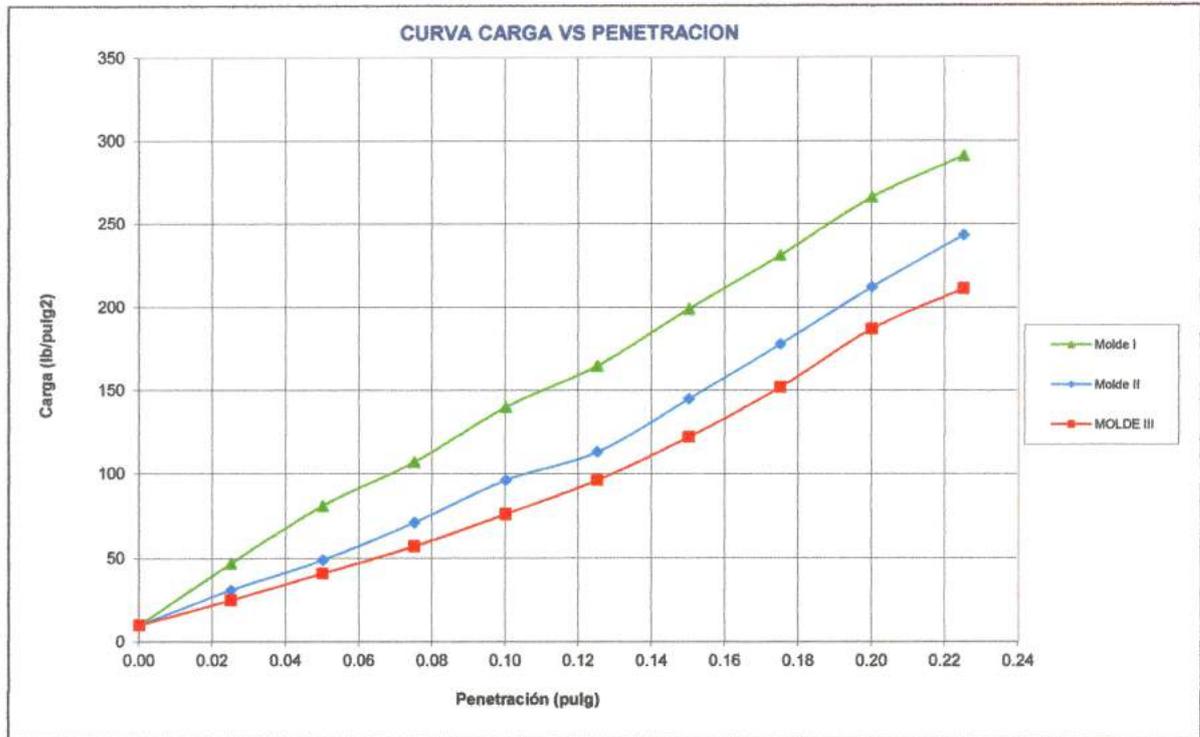
c) Prueba de penetración

Área del anillo = 3 pulg²

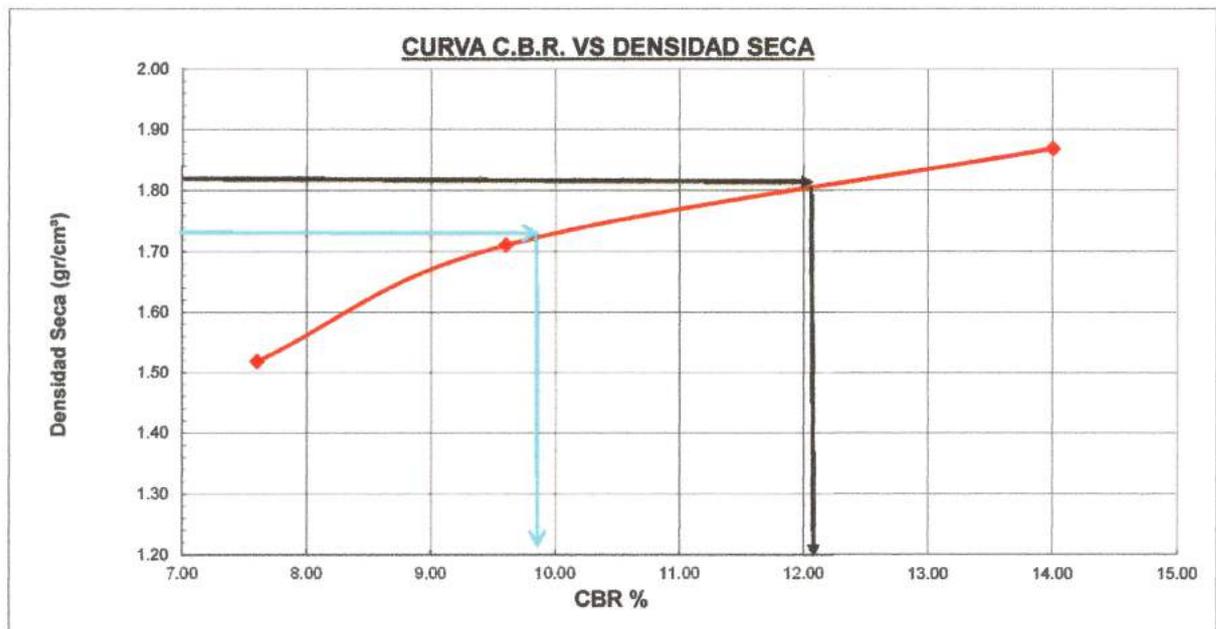
$$\text{Presión (libras/pulg}^2\text{)} = (L \times 7.36 + 30.18) / 3$$

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I (55 Golpes)		Molde N° II (26 Golpes)		Molde N° III (12 Golpes)	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		15.0	47	8.5	31	6.0	25
0.050		29.0	81	16.0	49	12.5	41
0.075		39.5	107	25.0	71	19.0	57
0.100	1000	53.0	140	35.0	96	27.0	76
0.125		63.0	165	42.0	113	35.0	96
0.150		77.0	199	55.0	145	45.5	122
0.175		90.0	231	68.5	178	58.0	152
0.200	1500	104.5	266	82.5	212	72.0	187
0.225		114.5	291	95.0	243	82.0	211





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	140.0	1000	14.00
II	0.1	96.0	1000	9.60
III	0.1	76.0	1000	7.60



C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 100% MDS :	12.11%
--------------------------------------	--------

C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 95% MDS :	10.00%
-------------------------------------	--------





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91
Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
: Demys Antonio Bautista Baldera

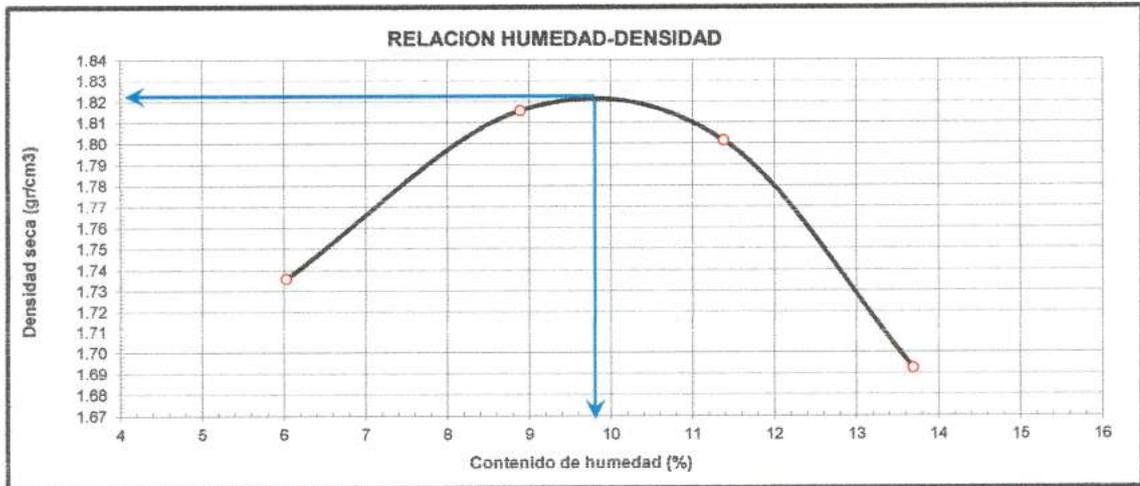
SOLICITA : Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°10 (Suelo Estabilizado 5%)

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3887.00	4027.00	4057.00	3973.00	
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1884.00	2024.00	2054.00	1970.00	
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.84	1.98	2.01	1.92	
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	215.84	233.80	214.60	218.24	
Peso del suelo seco + tara	(gr)	205.16	217.06	195.13	195.41	
Tara	(gr)	27.92	28.79	24.02	28.67	
Peso de agua	(gr)	10.68	16.74	19.47	22.83	
Peso del suelo seco	(gr)	177.24	188.27	171.11	166.74	
Contenido de agua	(%)	6.03	8.89	11.38	13.69	
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.736	1.816	1.802	1.693	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.822
<i>Humedad óptima (%)</i>						7.95





FACULTAD DE INGENIERÍA E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

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

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
SONDEO : Calicata N°10 (Suelo Estabilizado 5%)
FECHA : Octubre del 2018

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.822
Optimo Contenido de Humedad (%)	7.950

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		55	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	13314.00	12989.00	12481.00
2	Peso del molde [gr]	6782.00	6694.00	6759.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6295.00	5722.00
4	Volumen de molde [cm ³]	3219.00	3219.00	3219.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	1.96	1.78

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	31.95	26.09	29.11
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	182.500	209.310	185.190
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	172.630	193.220	170.770
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	16.09	14.42
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	167.13	141.66
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	9.63	10.18
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.78	1.61

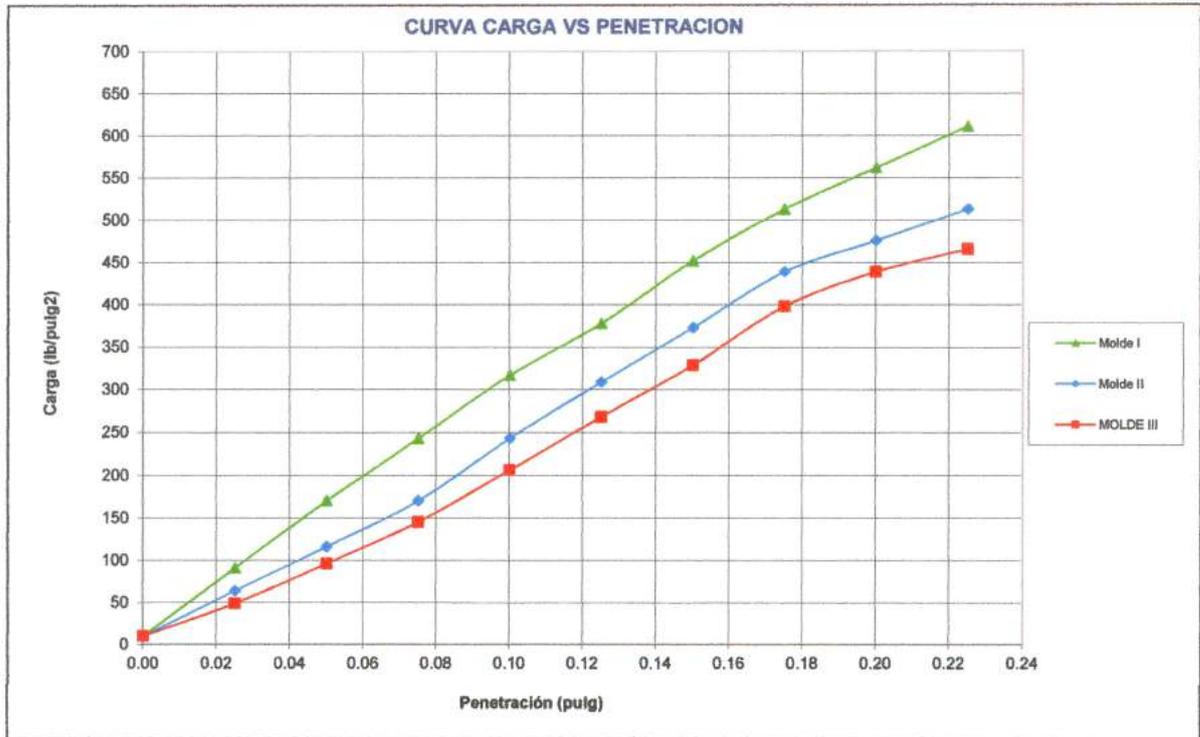
c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

$$\text{Presión (libras/pulg}^2\text{)} = (L \times 7.36 + 30.18) / 3$$

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I (55 Golpes)		Molde N° II (26 Golpes)		Molde N° III (12 Golpes)	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		33.0	91	22.0	64	16.0	49
0.050		65.0	170	43.0	116	35.0	96
0.075		95.0	243	65.0	170	55.0	145
0.100	1000	125.0	317	95.0	243	80.0	206
0.125		150.0	378	122.0	309	105.0	268
0.150		180.0	452	148.0	373	130.0	329
0.175		205.0	513	175.0	439	158.0	398
0.200	1500	225.0	562	190.0	476	175.0	439
0.225		245.0	611	205.0	513	186.0	466





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	317.0	1000	31.70
II	0.1	243.0	1000	24.30
III	0.1	206.0	1000	20.60



C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 100% MDS :	27.50%
C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 95% MDS :	22.80%





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91
Metodo " A "

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
:Demys Antonio Bautista Baldera

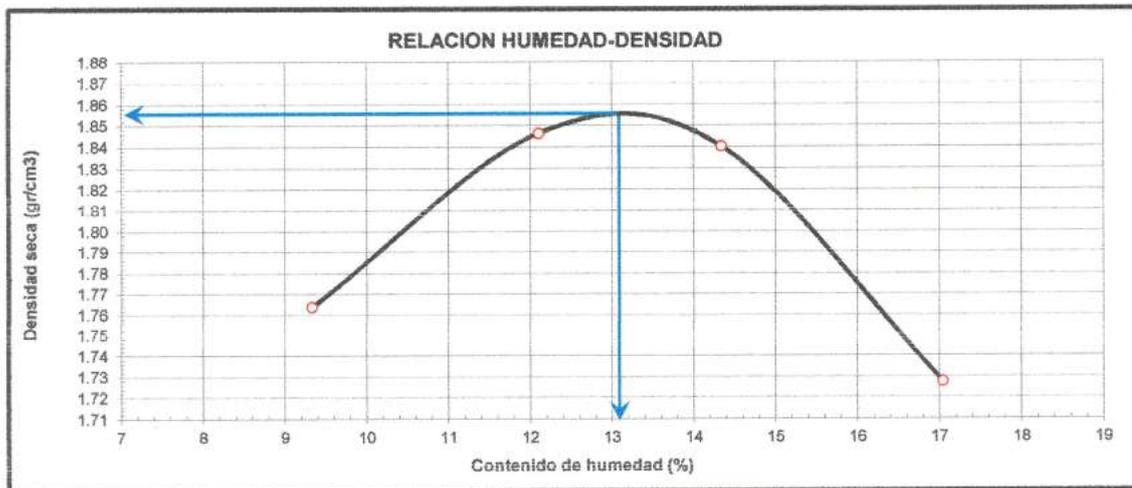
SOLICITA Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°10 (Suelo Estabilizado 7%)

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3977.00	4122.00	4157.00	4073.00	
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1974.00	2119.00	2154.00	2070.00	
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.93	2.07	2.10	2.02	
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	213.90	231.86	212.66	216.30	
Peso del suelo seco + tara	(gr)	198.03	209.93	189.00	188.98	
Tara	(gr)	27.92	28.79	24.02	28.67	
Peso de agua	(gr)	15.87	21.93	23.66	27.32	
Peso del suelo seco	(gr)	170.11	181.14	164.98	160.31	
Contenido de agua	(%)	9.33	12.11	14.34	17.04	
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.764	1.846	1.840	1.728	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	1.856
					Humedad óptima (%)	13.10





FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

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

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baidera

Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°10 (Suelo Estabilizado 7%)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.856
Optimo Contenido de Humedad (%)	13.100

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		55	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	13531.00	13161.00	12682.00
2	Peso del molde [gr]	6782.00	6694.00	6759.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6467.00	5923.00
4	Volumen de molde [cm ³]	3219.00	3219.00	3219.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.01	1.84

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	31.95	26.09	29.11
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	181.000	207.300	186.850
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	166.110	185.220	167.770
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	22.08	19.08
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	159.13	138.66
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.88	13.76
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.76	1.62

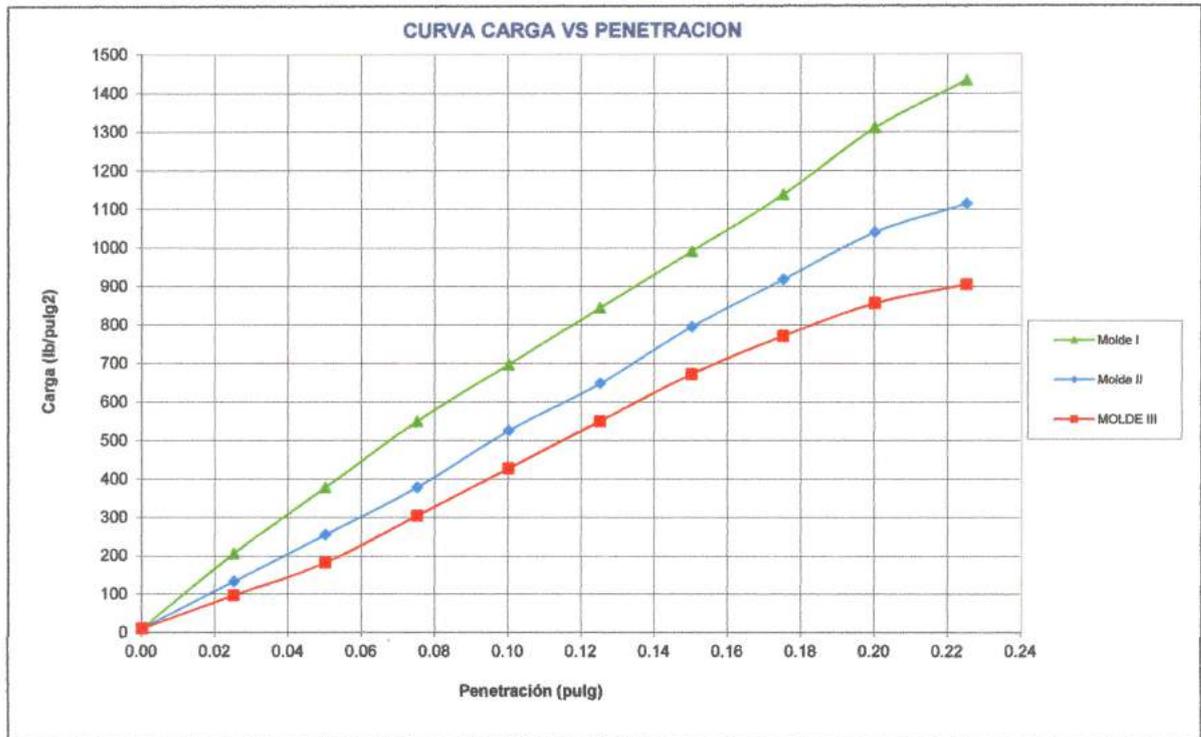
c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

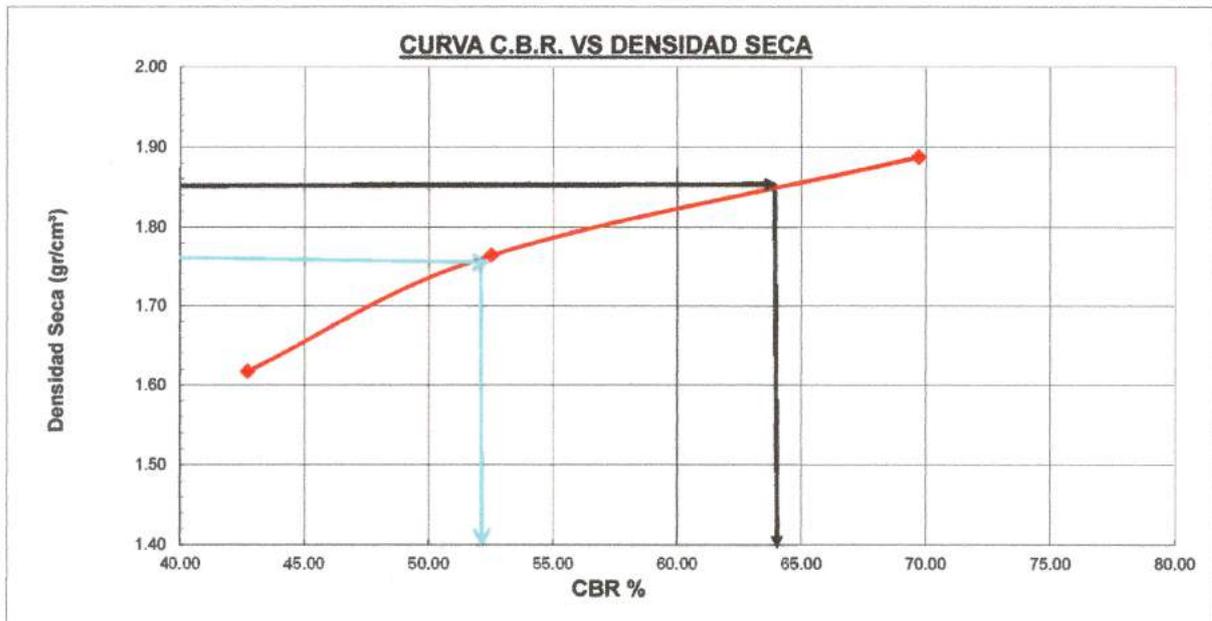
Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I (55 Golpes)		Molde N° II (26 Golpes)		Molde N° III (12 Golpes)	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		80.0	206	50.0	133	35.0	96
0.050		150.0	378	100.0	255	70.0	182
0.075		220.0	550	150.0	378	120.0	304
0.100	1000	280.0	697	210.0	525	170.0	427
0.125		340.0	844	260.0	648	220.0	550
0.150		400.0	991	320.0	795	270.0	672
0.175		460.0	1138	370.0	918	310.0	771
0.200	1500	530.0	1310	420.0	1040	345.0	856
0.225		580.0	1433	450.0	1114	365.0	905





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	697.0	1000	69.70
II	0.1	525.0	1000	52.50
III	0.1	427.0	1000	42.70



C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 100% MDS :	64.00%
--------------------------------------	--------

C.B.R. 01ª PENETRACIÓN AL 95% MDS :	52.00%
-------------------------------------	--------





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91 Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
: Demys Antonio Bautista Baldera

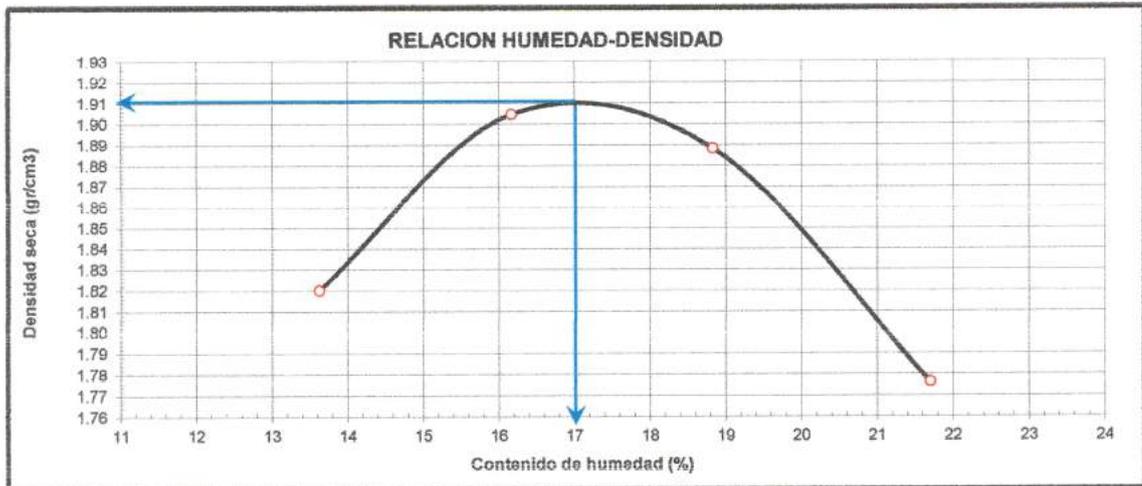
SOLICITA : Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°10 (Suelo Estabilizado 10%)

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	4120.00	4268.00	4300.00	4216.00	
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	2117.00	2265.00	2297.00	2213.00	
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	
Peso volumétrico húmedo	(gr)	2.07	2.21	2.24	2.16	
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	218.93	236.89	217.69	221.33	
Peso del suelo seco + tara	(gr)	196.03	207.93	187.00	186.98	
Tara	(gr)	27.92	28.79	24.02	28.67	
Peso de agua	(gr)	22.90	28.96	30.69	34.35	
Peso del suelo seco	(gr)	168.11	179.14	162.98	158.31	
Contenido de agua	(%)	13.62	16.17	18.83	21.70	
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.820	1.905	1.888	1.776	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.910
<i>Humedad óptima (%)</i>						17.00





FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

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

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash **FECHA** : Octubre del 2018
SONDEO : Calicata N°10 (Suelo Estabilizado 10%)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.910
Optimo Contenido de Humedad (%)	17.000

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		55	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	13673.00	13276.00	12731.00
2	Peso del molde [gr]	6782.00	6694.00	6759.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6582.00	5972.00
4	Volumen de molde [cm ³]	3219.00	3219.00	3219.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.04	1.86

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	31.95	26.09	29.11
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	179.000	205.000	184.850
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	163.110	182.220	161.770
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	22.78	23.08
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	156.13	132.66
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	14.59	17.40
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.78	1.58

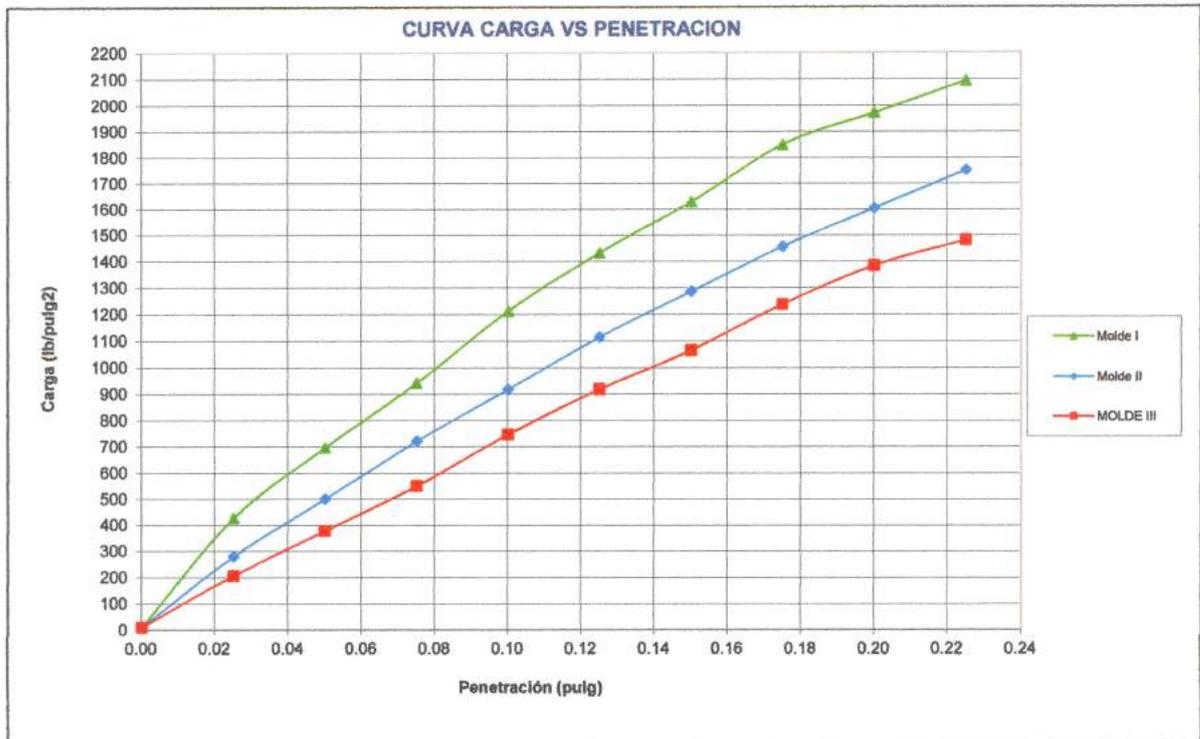
c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

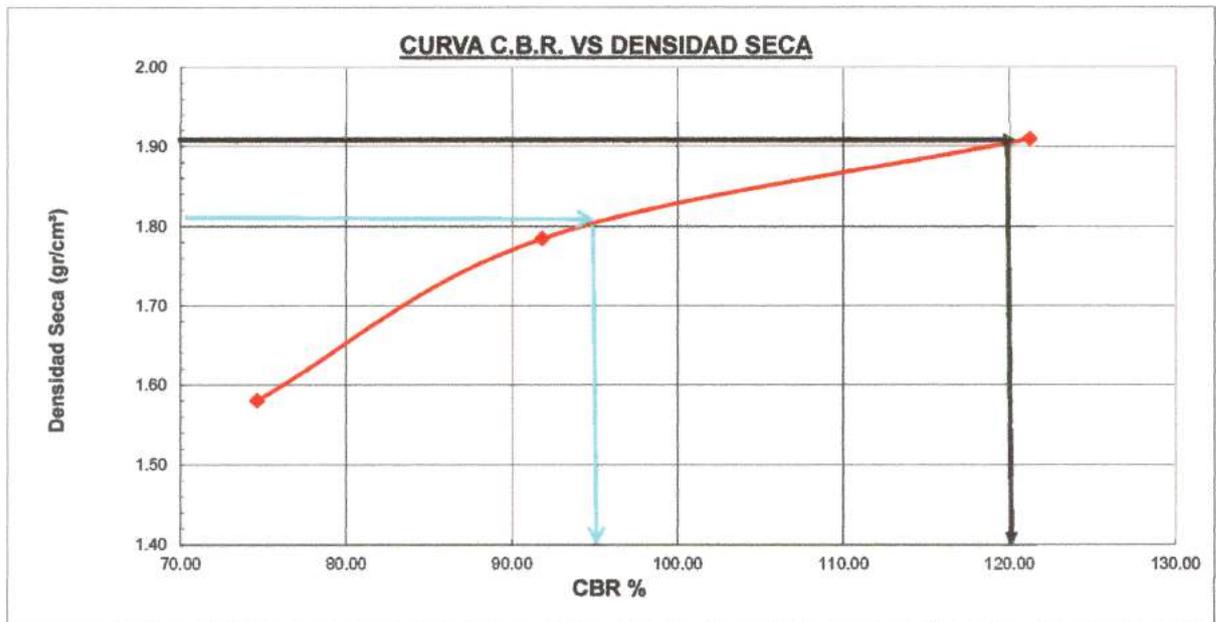
Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I (55 Golpes)		Molde N° II (26 Golpes)		Molde N° III (12 Golpes)	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		170.0	427	110.0	280	80.0	206
0.050		280.0	697	200.0	501	150.0	378
0.075		380.0	942	290.0	721	220.0	550
0.100	1000	490.0	1212	370.0	918	300.0	746
0.125		580.0	1433	450.0	1114	370.0	918
0.150		660.0	1629	520.0	1286	430.0	1065
0.175		750.0	1850	590.0	1457	500.0	1237
0.200	1500	800.0	1973	650.0	1605	560.0	1384
0.225		850.0	2095	710.0	1752	600.0	1482





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	1212.0	1000	121.20
II	0.1	918.0	1000	91.80
III	0.1	746.0	1000	74.60



C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 100% MDS :	120.00%
C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 95% MDS :	95.00%





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : Calicata N°11

MUESTRA : M - 11

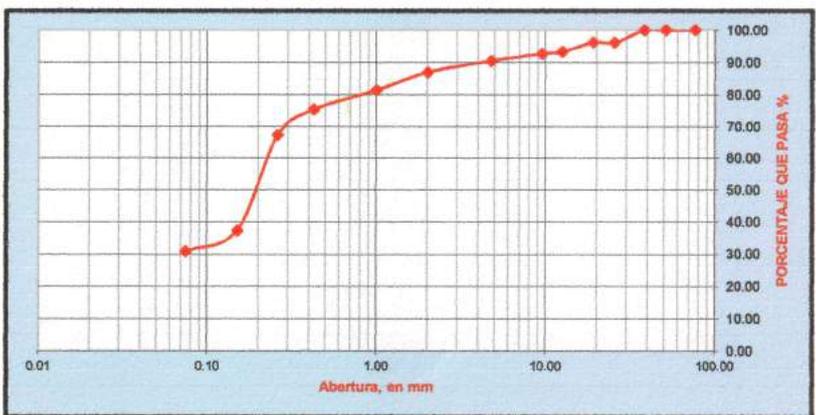
PROF.(m) : 0.00 - 1.50

PROGRESIVA: 11+000 Km

TAMAÑO MAXIMO : 1"

PESO SECO: 1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	38.91	96.11
3/4"	19.050	0.00	96.11
1/2"	12.500	27.77	93.33
3/8"	9.500	6.45	92.69
Nº 4	4.750	21.98	90.49
Nº 10	2.000	35.56	86.93
Nº 20	1.000	55.72	81.36
Nº 40	0.425	60.63	75.30
Nº 60	0.260	80.88	67.21
Nº 100	0.150	298.61	37.35
Nº 200	0.074	65.91	30.76
< Nº 200	—	307.58	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Limite Liquido %	NP
Limite Plastico %	NP
Indice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SM
Clasific. AASHTO	A - 2 - 4 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	22.95
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	147.40
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	138.90
4. Peso de Agua (gr)	8.50
5. Peso de Suelo seco (gr)	115.95
6. Contenido de Humedad (%)	7.33





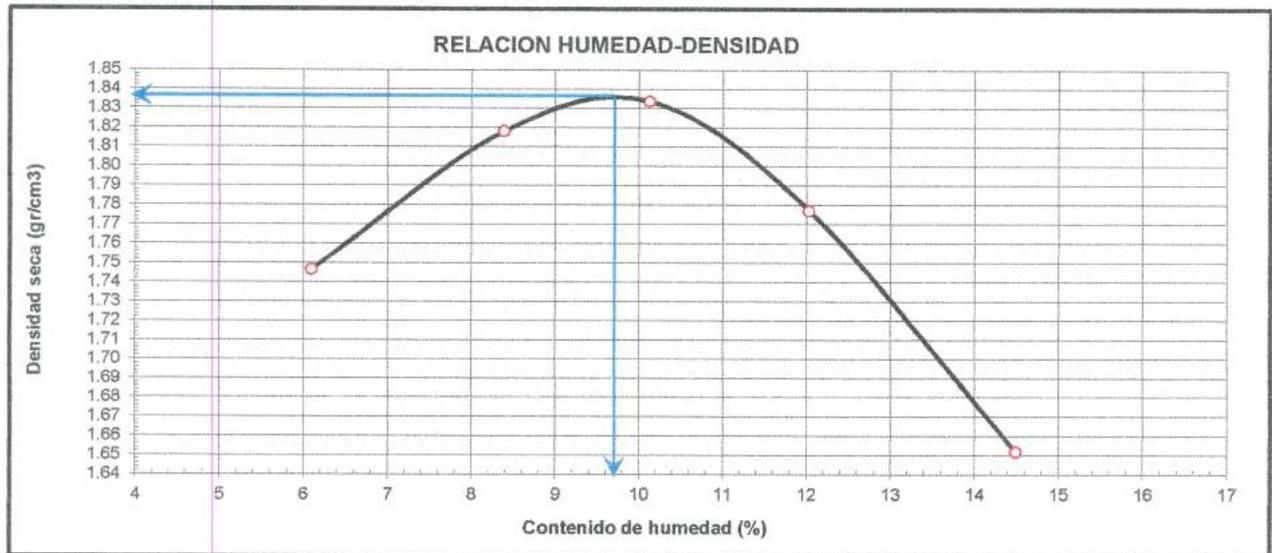
UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91
Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
FECHA : Octubre del 2018
SONDEO : Calicata N°11

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3900.00	4020.00	4070.00	4041.00	3939.00
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1897.00	2017.00	2067.00	2038.00	1936.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.85	1.97	2.02	1.99	1.89
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	209.08	203.81	370.45	407.12	225.50
Peso del suelo seco + tara	(gr)	198.72	190.25	352.87	386.09	200.37
Tara	(gr)	28.77	28.54	179.36	211.30	27.02
Peso de agua	(gr)	10.36	13.56	17.58	21.03	25.13
Peso del suelo seco	(gr)	169.95	161.71	173.51	174.79	173.35
Contenido de agua	(%)	6.10	8.39	10.13	12.03	14.50
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.747	1.818	1.833	1.777	1.652
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.836
<i>Humedad óptima (%)</i>						9.70





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
Renzo Leonel Bernabe Aguiar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : Calicata N°12

MUESTRA : M - 12

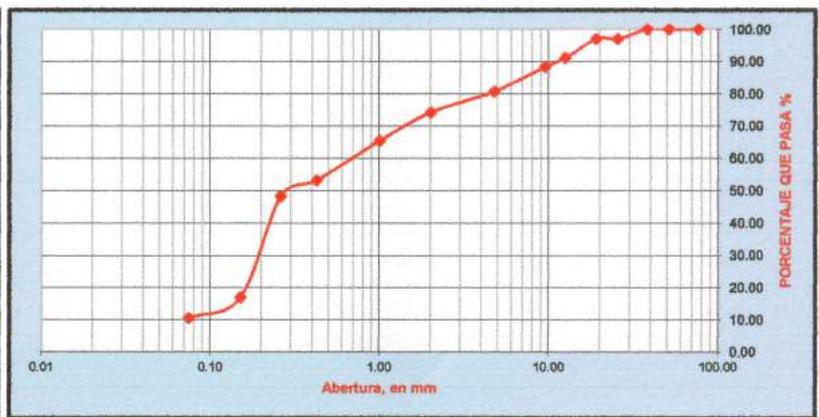
PROF.(m) : 0.00 - 1.50

PROGRESIVA: 12+000 Km

TAMAÑO MAXIMO : 1"

PESO SECO: 1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	29.82	97.02
3/4"	19.050	0.00	97.02
1/2"	12.500	59.53	91.07
3/8"	9.500	27.82	88.28
N° 4	4.750	76.29	80.65
N° 10	2.000	65.36	74.12
N° 20	1.000	87.52	65.37
N° 40	0.425	121.45	53.22
N° 60	0.260	50.50	48.17
N° 100	0.150	313.73	16.80
N° 200	0.074	63.45	10.45
< N° 200	—	104.53	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Límite Líquido %	NP
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SM
Clasific. AASHTO	A - 2 - 4 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	27.92
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	202.98
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	190.04
4. Peso de Agua (gr)	12.94
5. Peso de Suelo seco (gr)	162.12
6. Contenido de Humedad (%)	7.98





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91

Metodo " A "

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

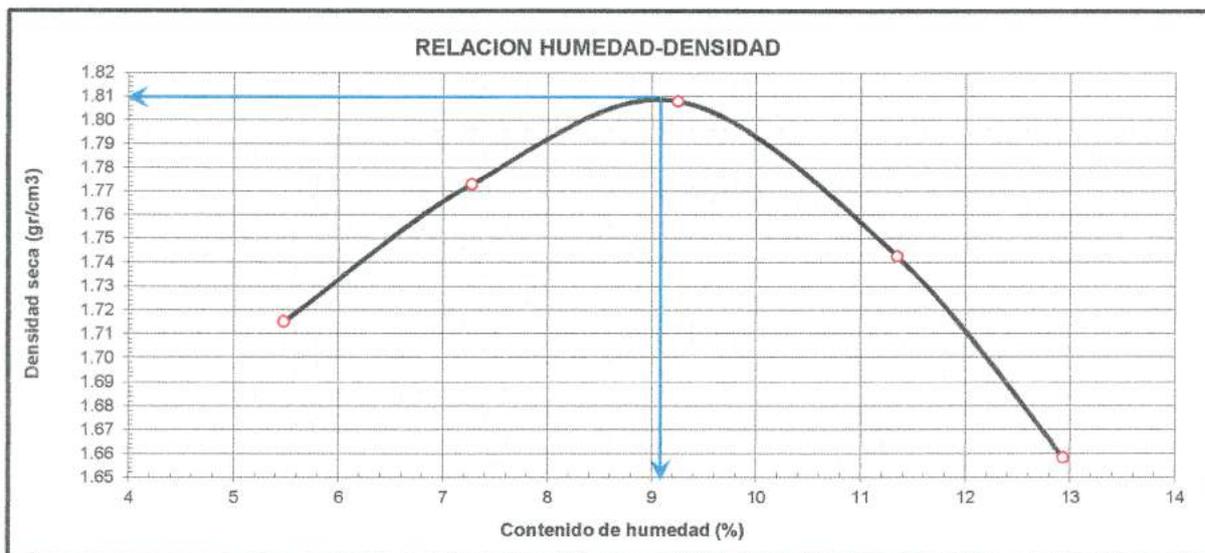
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°12

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3855.00	3950.00	4025.00	3989.00	3920.00
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1852.00	1947.00	2022.00	1986.00	1917.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.81	1.90	1.98	1.94	1.87
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	219.70	450.01	460.90	453.30	475.30
Peso del suelo seco + tara	(gr)	209.75	434.18	439.44	428.63	441.40
Tara	(gr)	28.15	216.55	207.53	211.28	179.35
Peso de agua	(gr)	9.95	15.83	21.46	24.67	33.90
Peso del suelo seco	(gr)	181.60	217.63	231.91	217.35	262.05
Contenido de agua	(%)	5.48	7.27	9.25	11.35	12.94
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.715	1.773	1.808	1.742	1.658
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.810
<i>Humedad óptima (%)</i>						9.10





FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

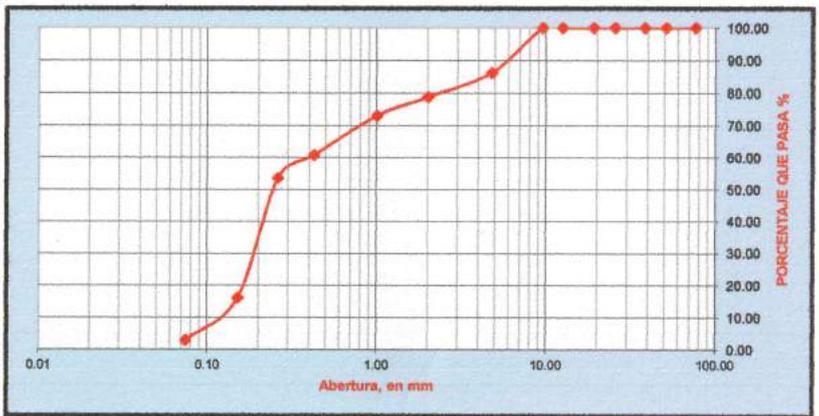
1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Punte-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash **FECHA** : Octubre del 2018

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : Calicata N°13 **PROGRESIVA**: 13+000 Km
MUESTRA : M - 13 **TAMAÑO MÁXIMO** : 1"
PROF.(m) : 0.00 - 1.50 **PESO SECO**: 1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	91.09	100.00
3/4"	19.050	25.70	100.00
1/2"	12.500	49.94	100.00
3/8"	9.500	37.65	100.00
N° 4	4.750	46.74	86.21
N° 10	2.000	45.36	78.70
N° 20	1.000	39.81	72.99
N° 40	0.425	45.92	60.76
N° 60	0.260	65.20	53.53
N° 100	0.150	310.94	16.02
N° 200	0.074	81.21	2.89
< N° 200	---	160.44	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Límite Líquido %	NP
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SP
Clasific. AASHTO	A - 1b (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	28.55
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	142.14
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	137.60
4. Peso de Agua (gr)	4.54
5. Peso de Suelo seco (gr)	109.05
6. Contenido de Humedad (%)	4.16





FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91

Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera

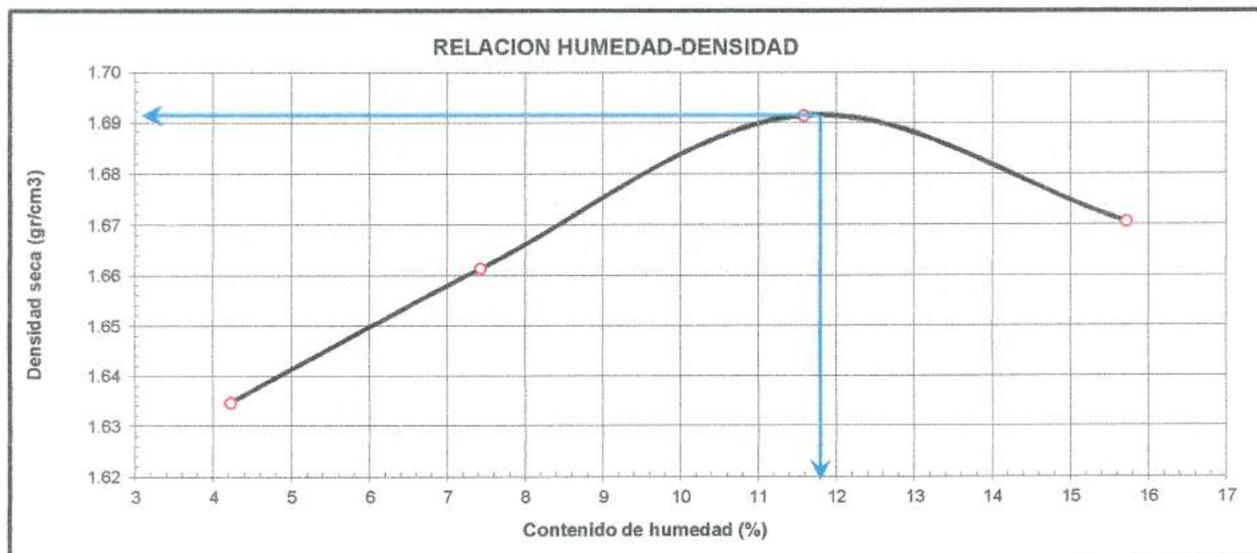
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°13

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3747.00	3830.00	3935.00	3982.00	
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1744.00	1827.00	1932.00	1979.00	
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.70	1.78	1.89	1.93	
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	212.74	206.16	216.24	219.99	
Peso del suelo seco + tara	(gr)	205.26	193.88	196.70	194.01	
Tara	(gr)	27.92	28.55	27.98	28.78	
Peso de agua	(gr)	7.48	12.28	19.54	25.98	
Peso del suelo seco	(gr)	177.34	165.33	168.72	165.23	
Contenido de agua	(%)	4.22	7.43	11.58	15.72	
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.635	1.661	1.691	1.671	
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.692
<i>Humedad óptima (%)</i>						11.80





FACULTAD DE INGENIERÍA
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

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

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
SONDEO : Calicata N°13
FECHA : Octubre del 2018

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.692
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.800

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		55	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	12828.00	12044.00	11532.00
2	Peso del molde [gr]	6782.00	6694.00	6759.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6046.00	5350.00
4	Volumen de molde [cm ³]	3219.00	3219.00	3219.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	1.88	1.66

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.04	33.17	30.15
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	181.180	208.130	186.120
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	169.990	190.100	170.110
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	11.19	18.03
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	144.95	156.93
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	7.72	11.49
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.74	1.49

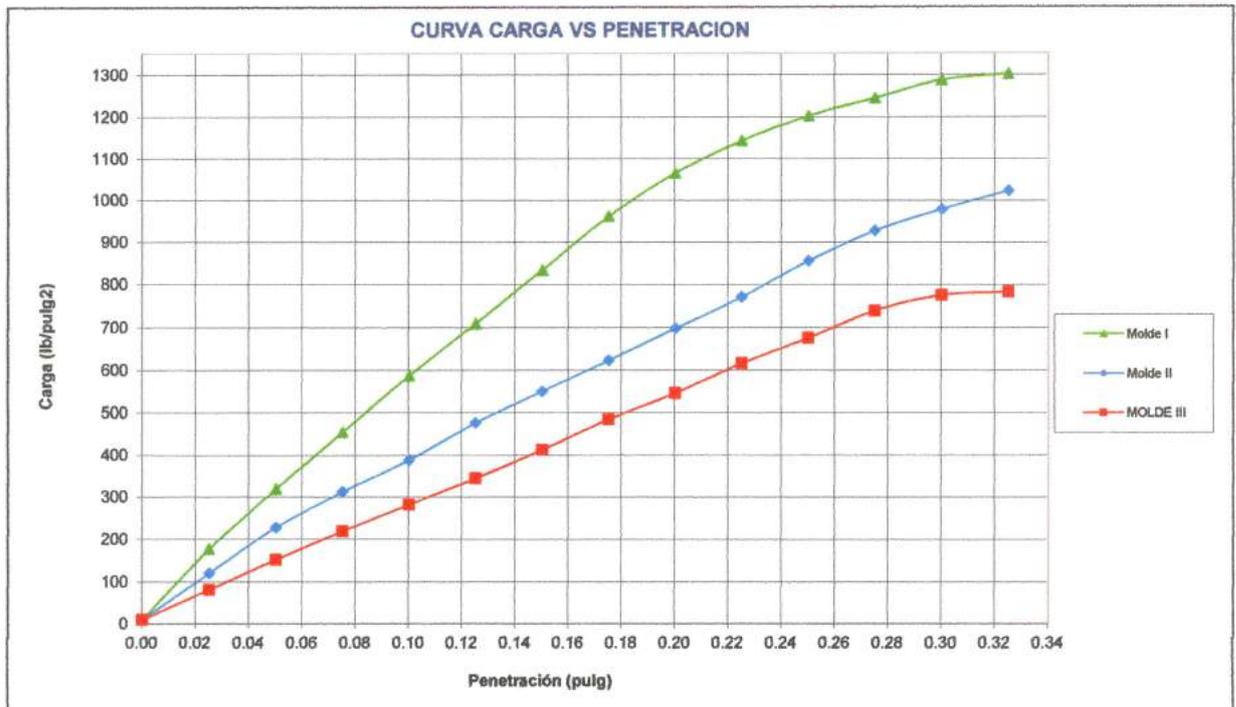
c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

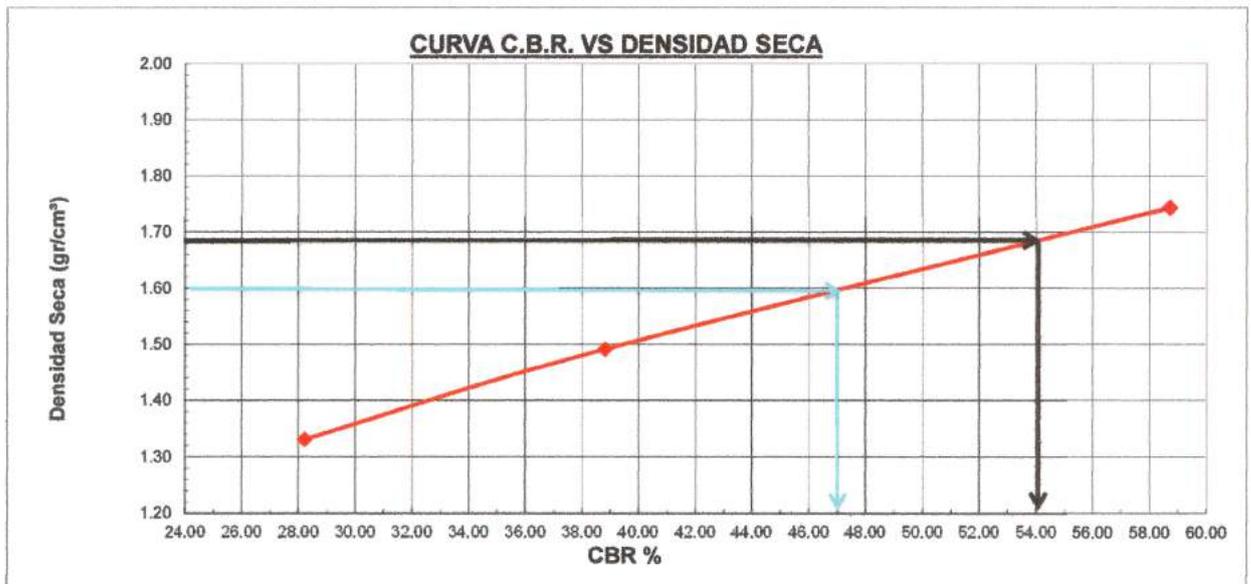
Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I (55 Golpes)		Molde N° II (26 Golpes)		Molde N° III (12 Golpes)	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		68.0	177	45.0	120	29.0	81
0.050		126.0	319	89.0	228	58.0	152
0.075		181.0	454	123.0	312	85.0	219
0.100	1000	235.0	587	154.0	388	111.0	282
0.125		285.0	709	190.0	476	136.0	344
0.150		336.0	834	220.0	550	164.0	412
0.175		392.0	962	250.0	623	193.0	484
0.200	1500	446.0	1065	280.0	697	218.5	546
0.225		502.0	1143	310.0	771	247.0	616
0.250		593.0	1202	345.0	856	271.0	675
0.275		354.0	1245	374.0	928	297.0	739
0.300	1900	384.0	1288	395.0	979	312.0	775
0.325		405.0	1302	413.0	1023	315.0	783





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	587.0	1000	58.70
II	0.1	388.0	1000	38.80
III	0.1	282.0	1000	28.20



C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 100% MDS :	54.00%
--------------------------------------	--------

C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 95% MDS :	47.00%
-------------------------------------	--------





FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilár
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash **FECHA** : Octubre del 2018

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : Calicata N°14 **PROGRESIVA**: 14+000 Km
MUESTRA : M - 14 **TAMAÑO MAXIMO** : 1"
PROF.(m) : 0.00 - 1.50 **PESO SECO**: 1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	36.49	96.35
3/4"	19.050	0.00	96.35
1/2"	12.500	12.92	95.06
3/8"	9.500	6.74	94.39
N° 4	4.750	37.15	90.67
N° 10	2.000	87.73	81.90
N° 20	1.000	148.55	67.04
N° 40	0.425	133.42	53.70
N° 60	0.260	54.18	48.28
N° 100	0.150	209.22	27.36
N° 200	0.074	73.78	19.98
< N° 200	---	199.82	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Límite Líquido %	NP
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SC
Clasific. AASHTO	A - 2 - 6 (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	28.43
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	100.35
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	97.02
4. Peso de Agua (gr)	3.33
5. Peso de Suelo seco (gr)	68.59
6. Contenido de Humedad (%)	4.85





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91

Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal

SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera

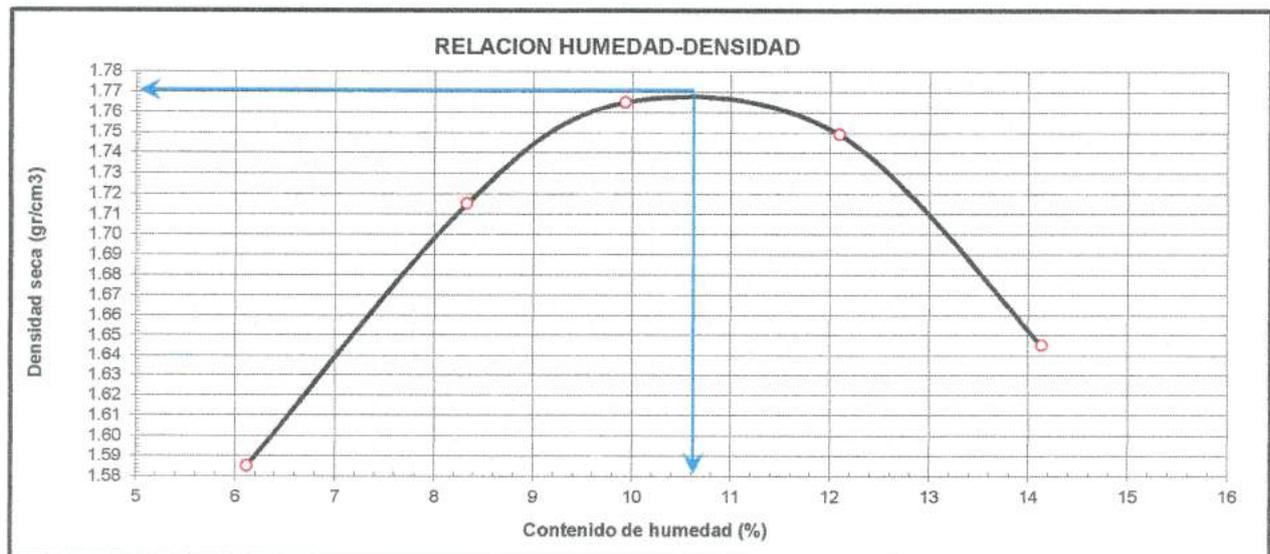
Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

SONDEO : Calicata N°14

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3725.00	3905.00	3989.00	4010.00	3925.00
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1722.00	1902.00	1986.00	2007.00	1922.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.68	1.86	1.94	1.96	1.88
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	197.97	224.55	220.66	226.22	228.04
Peso del suelo seco + tara	(gr)	188.18	209.47	203.25	204.75	203.36
Tara	(gr)	28.15	28.43	27.94	27.17	28.73
Peso de agua	(gr)	9.79	15.08	17.41	21.47	24.68
Peso del suelo seco	(gr)	160.03	181.04	175.31	177.58	174.63
Contenido de agua	(%)	6.12	8.33	9.93	12.09	14.13
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.585	1.715	1.765	1.749	1.645
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.765
<i>Humedad óptima (%)</i>						10.60





FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 : Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash **FECHA** : Octubre del 2018

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO : Calicata N°15 **PROGRESIVA:** 15+000 Km
MUESTRA : M - 15 **TAMAÑO MAXIMO :** 1"
PROF.(m) : 0.00 - 0.15 **PESO SECO:** 1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	100.00
N° 4	4.750	131.92	86.81
N° 10	2.000	77.10	79.10
N° 20	1.000	60.10	73.09
N° 40	0.425	126.30	60.46
N° 60	0.260	75.30	52.93
N° 100	0.150	375.10	15.42
N° 200	0.074	133.30	2.09
< N° 200	—	20.88	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Límite Líquido %	NP
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SP
Clasific. AASHTO	A - 1b (0)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	22.84
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	107.40
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	103.30
4. Peso de Agua (gr)	4.10
5. Peso de Suelo seco (gr)	80.46
6. Contenido de Humedad (%)	5.10





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

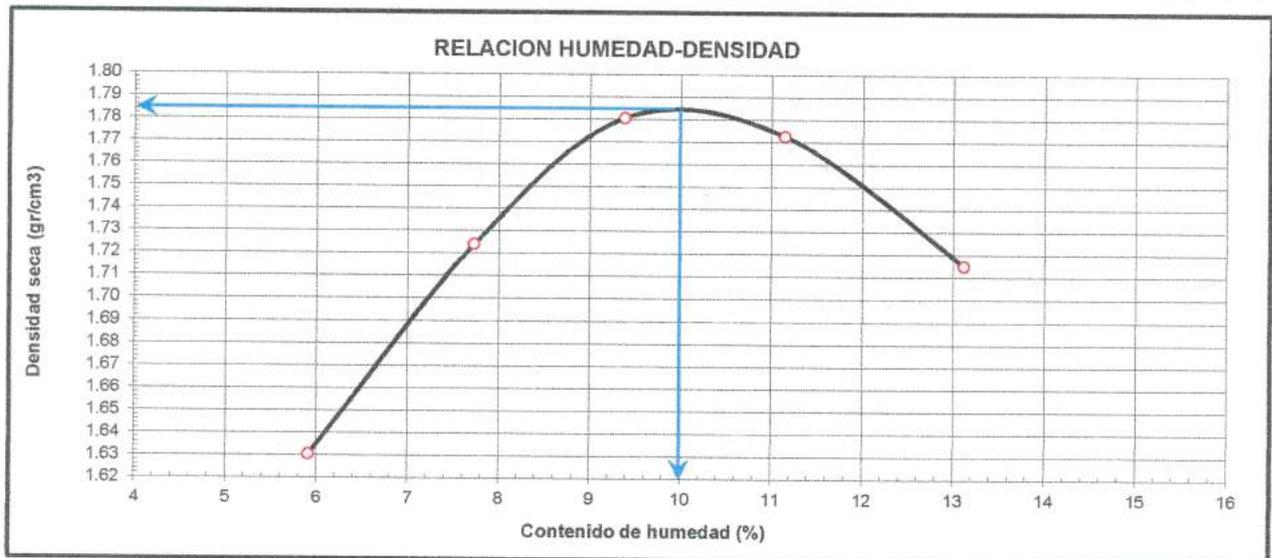
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91 Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
FECHA : Octubre del 2018
SONDEO : Calicata N°15

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3771.00	3904.00	3997.00	4020.00	3989.00
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1768.00	1901.00	1994.00	2017.00	1986.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.73	1.86	1.95	1.97	1.94
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	211.75	228.98	220.55	206.98	223.95
Peso del suelo seco + tara	(gr)	201.49	214.54	203.92	188.94	201.10
Tara	(gr)	27.92	27.61	26.72	27.10	27.00
Peso de agua	(gr)	10.26	14.44	16.63	18.04	22.85
Peso del suelo seco	(gr)	173.57	186.93	177.20	161.84	174.10
Contenido de agua	(%)	5.91	7.72	9.38	11.15	13.12
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.631	1.724	1.781	1.773	1.715
<i>Densidad máxima (gr/cm³)</i>						1.784
<i>Humedad óptima (%)</i>						10.00





FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

PROYECTO	Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal		
SOLICITA	:Demys Antonio Bautista Baldera Renzo Leonel Bernabe Aguilar		
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash		FECHA : Octubre del 2018
DATOS DE LA MUESTRA			
SONDEO	: Calicata N°16	PROGRESIVA:	16+000 Km
MUESTRA	: M - 16	TAMAÑO MAXIMO :	1"
PROF.(m)	: 0.00 - 0.15	PESO SECO:	1000 gr

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
1/2"	12.500	3.65	99.64
3/8"	9.500	3.99	99.24
Nº 4	4.750	37.80	95.46
Nº 10	2.000	236.72	71.78
Nº 20	1.000	288.65	42.92
Nº 40	0.425	184.49	24.47
Nº 60	0.260	106.83	13.79
Nº 100	0.150	88.11	4.98
Nº 200	0.074	36.14	1.36
< Nº 200	—	13.62	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°01	Tara N°02	Tara N03
1. No de Golpes			
2. Peso de Tara (gr)			
3. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)			
4. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	NO PRESENTA		
5. Peso de Agua (gr)			
6. Peso de Suelo seco (gr)			
7. Contenido de Humedad (%)			

Limite Liquido %	NP
Limite Plastico %	NP
Indice de Plasticidad %	NP
Clasific. SUCS	SW
Clasific. AASHTO	A - 1b (1)

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara N°01
1. Peso de Tara (gr)	28.55
2. Peso de Tara + Suelo Húmedo (gr)	111.42
3. Peso de Tara + Suelo Seco (gr)	107.39
4. Peso de Agua (gr)	4.03
5. Peso de Suelo seco (gr)	78.84
6. Contenido de Humedad (%)	5.11





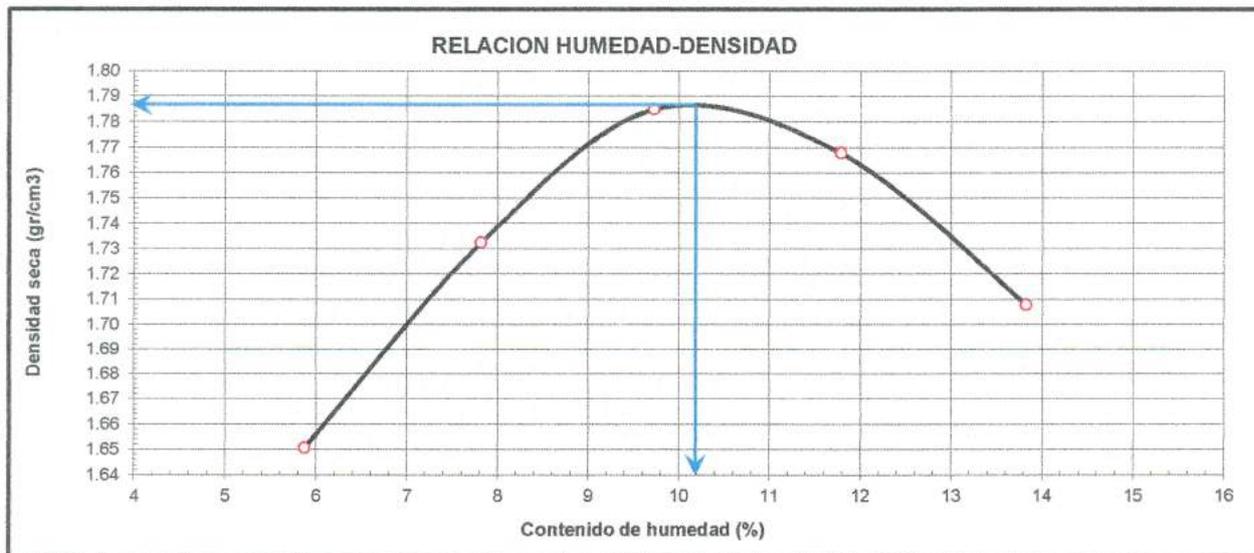
UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557/91
Metodo " A "

PROYECTO : Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA : Demys Antonio Bautista Baldera
Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
FECHA : Octubre del 2018
SONDEO : Calicata N°16

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	3792.00	3915.00	4008.00	4026.00	3993.00
Peso molde	(gr)	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00	2003.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	1789.00	1912.00	2005.00	2023.00	1990.00
Volumen del molde	(cm ³)	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67	1023.67
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.75	1.87	1.96	1.98	1.94
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	212.74	206.80	213.12	213.49	203.51
Peso del suelo seco + tara	(gr)	202.49	193.88	196.70	194.01	182.27
Tara	(gr)	27.92	28.55	27.98	28.78	28.68
Peso de agua	(gr)	10.25	12.92	16.42	19.48	21.24
Peso del suelo seco	(gr)	174.57	165.33	168.72	165.23	153.59
Contenido de agua	(%)	5.87	7.81	9.73	11.79	13.83
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.651	1.732	1.785	1.768	1.708
Densidad máxima (gr/cm³)						1.786
Humedad óptima (%)						10.20





FACULTAD DE INGENIERÍA
E. A. P. INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

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

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
SOLICITA Demys Antonio Bautista Baldera
 Renzo Leonel Bernabe Aguilar
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
SONDEO : Calicata N°16
FECHA : Octubre del 2018

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.786
Optimo Contenido de Humedad (%)	10.200

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		55	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	13116.00	12567.00	11863.00
2	Peso del molde [gr]	6782.00	6694.00	6759.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2) 6334.00	5873.00	5104.00
4	Volumen de molde [cm ³]	3219.00	3219.00	3219.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4) 1.97	1.82	1.59

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	28.17	32.21	33.21
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	184.210	212.140	190.100
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	172.920	194.110	174.110
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8) 11.29	18.03	15.99
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6) 144.75	161.90	140.90
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100 7.80	11.14	11.35
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(11+100) 1.83	1.64	1.42

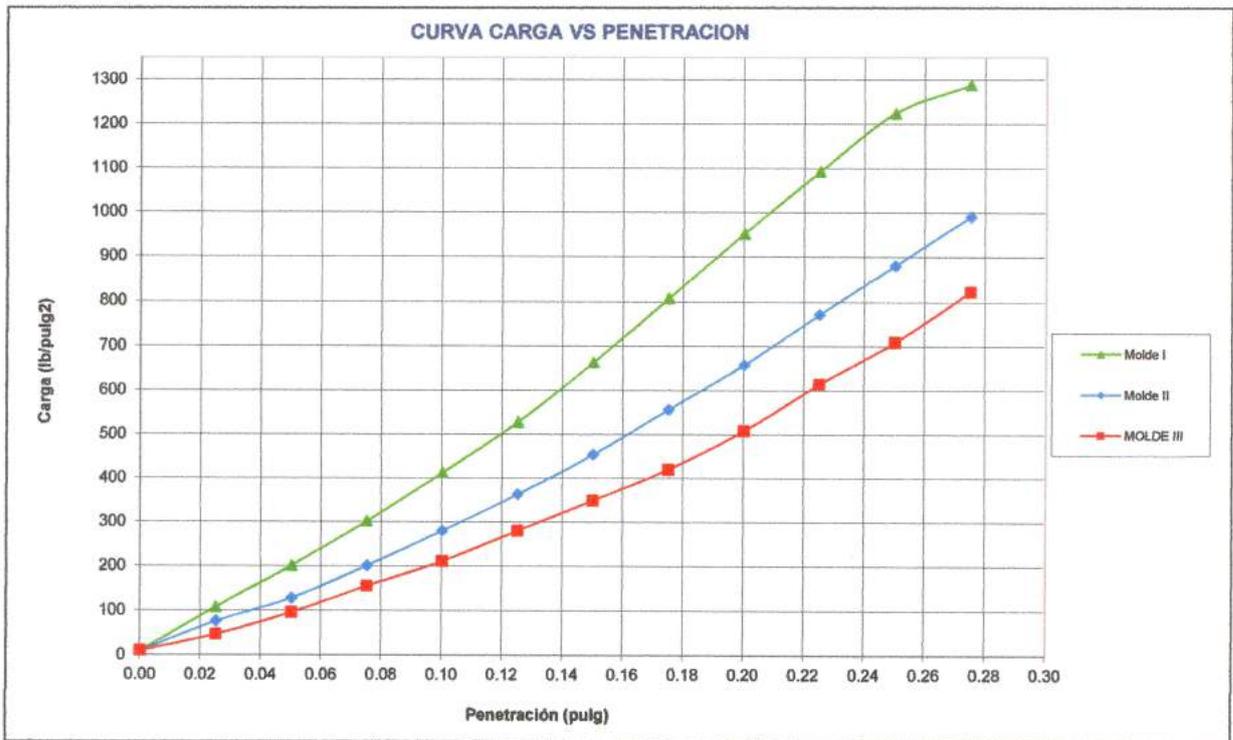
c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

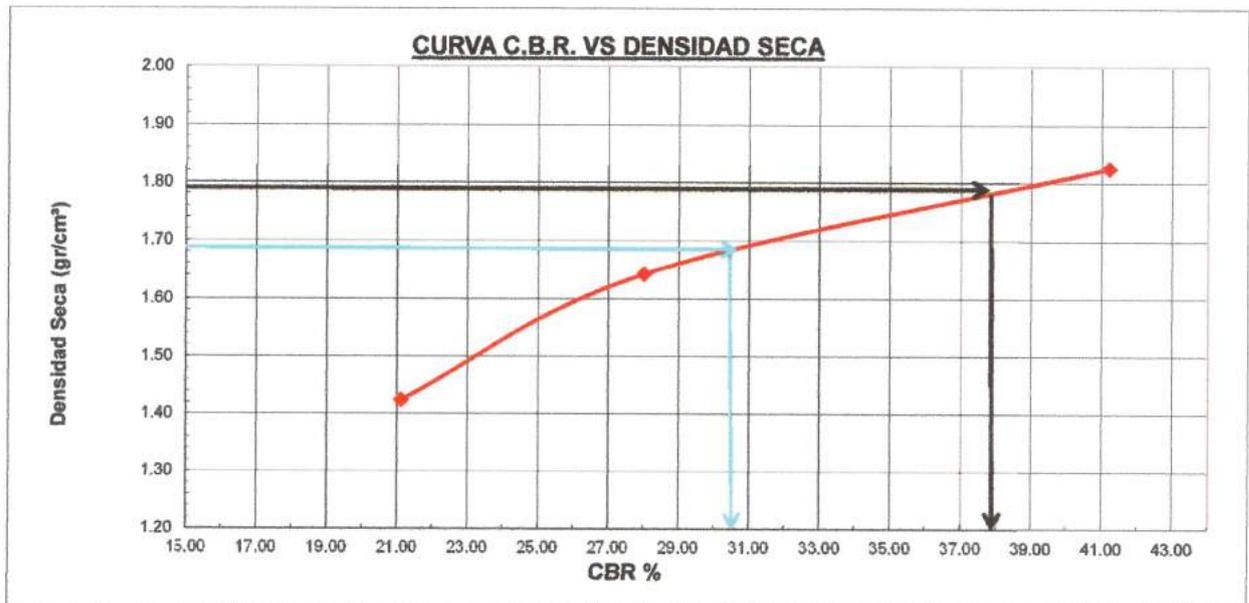
Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36 + 30.18) / 3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I (55 Golpes)		Molde N° II (26 Golpes)		Molde N° III (12 Golpes)	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		40.0	108	27.0	76	15.0	47
0.050		78.0	201	48.0	128	35.0	96
0.075		119.0	302	78.0	201	59.0	155
0.100	1000	164.0	412	110.0	280	82.0	211
0.125		211.0	528	144.0	363	110.0	280
0.150		266.0	663	181.0	454	138.0	349
0.175		325.0	807	223.0	557	167.0	420
0.200	1500	384.0	952	264.0	658	203.0	508
0.225		441.0	1092	310.0	771	246.0	614
0.250		495.0	1224	355.0	881	285.0	709
0.275		521.0	1288	400.0	991	331.0	822





Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión aplicada (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	412.0	1000	41.20
II	0.1	280.0	1000	28.00
III	0.1	211.0	1000	21.10



C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 100% MDS : 38.00%

C.B.R. 01" PENETRACIÓN AL 95% MDS : 30.50%





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E. A. P. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio de Mécanica de Suelos y Concreto

PREPARACION EN EL LABORATORIO DE PROBETAS DE SUELO – CEMENTO MTC E 1101 // ASTM D- 1632-96

PROYECTO Estudio Comparativo de Costos y Tecnología Entre Pavimentos Básicos en la Carretera Cambio Puente-Cascajal
: Demys Antonio Bautista Baidera

SOLICITA Renzo Leonel Bernabe Aguilar

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : Octubre del 2018

RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

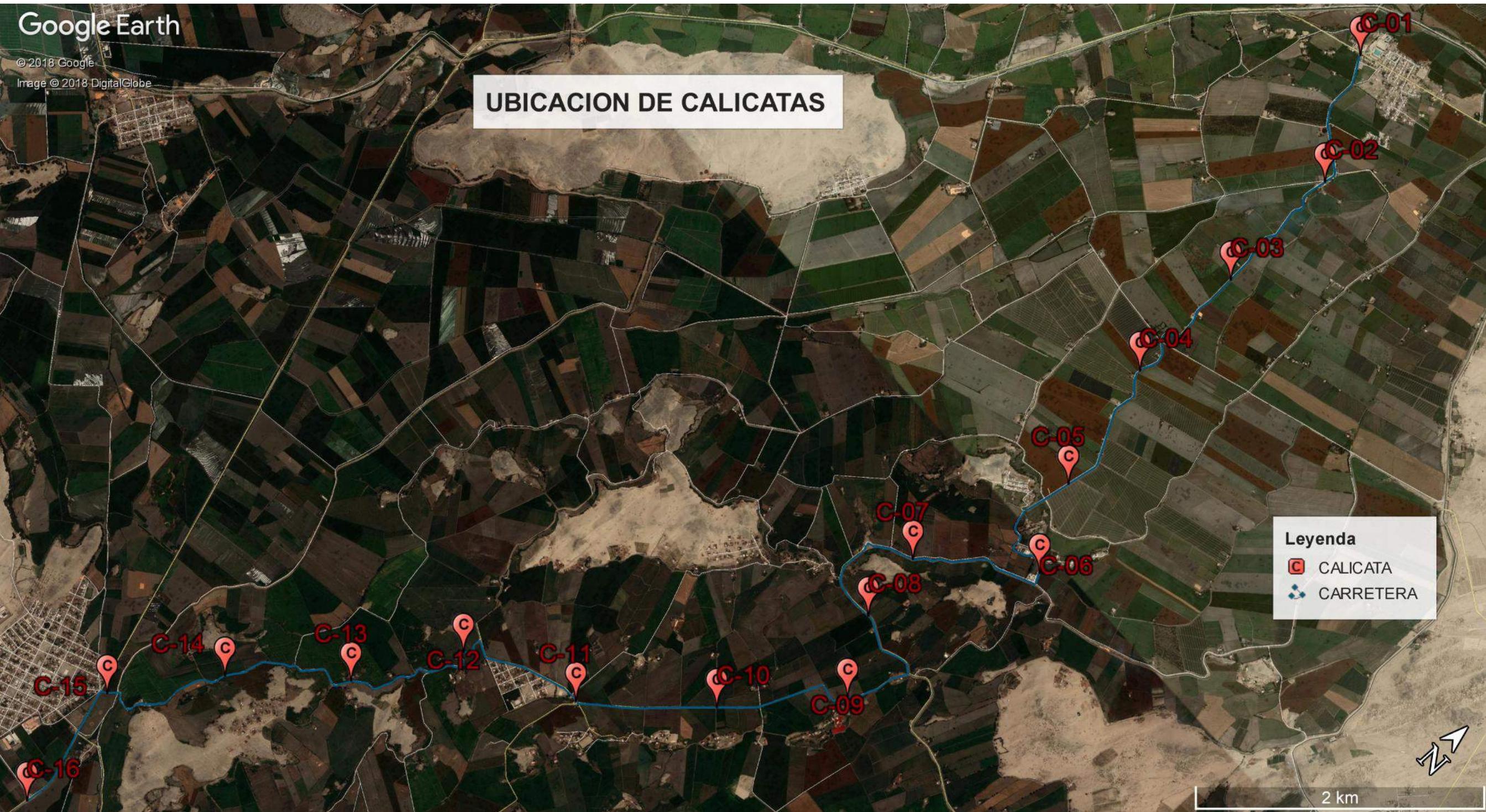
PROBETAS DE SUELO-CEMENTO					
CALICATA	PROB. CEMENTO AL 5%	PROB. CEMENTO AL 7%	PROB. CEMENTO AL 10%	CUMPLE	
				SI	NO
C-04	36 Kgf/cm ²	77 Kgf/cm ²	93 Kgf/cm ²	X	
C-10	42 Kgf/cm ²	84 Kgf/cm ²	101 Kgf/cm ²	X	



ANEXO V

UBICACIÓN DE CALICATAS

UBICACION DE CALICATAS



Legenda

-  CALICATA
-  CARRETERA



2 km

ANEXO VI

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201001** "ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS Y TECNOLOGÍA ENTRE PAVIMENTOS BASICOS EN LA CARRETERA
CAMBIO PUENTE - CASCAJAL, DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA- ANCASH"

Subpresupuesto **001** ESTAB Fecha presupuesto
10/10/2018

Partida **01.01** TRAZO Y REPLANTEO

Rendimiento **km/DIA** MO. **0.5000** EQ. **0.5000** Costo unitario directo por : km **964.45**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01010300000005		OPERARIO	TOPOGRAFO	hh	1.0000	16.0000
21.00	336.00					
01010300030001		AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	día		2.0000	4.0000
15.00	60.00					
396.00						
Materiales						
0231040001	ESTACAS DE MADERA	und		7.7000	5.50	42.35
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.2000	30.50	6.10
48.45						
Equipos						
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	16.0000	17.50	280.00
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO CON TRIPODE Y ACCESORIOS		hm	1.0000	16.0000	15.00
240.00						
520.00						

Partida **01.02** MANTENIMIENTO Y DESVIO DE TRANSITO TEMPORAL

Rendimiento **mes/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : mes **3,442.97**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.8000	24.08	19.26
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	20.97	167.76
0101010005	PEON	hh	6.0000	48.0000	15.30	734.40
921.42						
Materiales						
0210030004	MALLA DE SEGURIDAD DE PVC	rll		3.0000	100.00	300.00
0267110014	TRANQUERAS	und		12.0000	37.15	445.80
0267110022	CONO DE SEGURIDAD	und		15.0000	55.05	825.75
0290150029	CARTEL DE SEGURIDAD	und		10.0000	95.00	950.00
2,521.55						

Partida **01.04** CONFORMACION DE RASANTE

Rendimiento **m2/DIA** MO. **2,500.0000** EQ. **2,500.0000** Costo unitario directo por : m2 **1.50**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0064	20.97	0.13
0101010004	OFICIAL	hh	3.0000	0.0096	17.00	0.16
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0192	15.30	0.29
0.58						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.58	0.02
0301100007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP		hm	1.0000	0.0032	140.00
0.45						
0301220009	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 1,500 gl	hm	1.0000	0.0032	140.00	0.45
0.92						

Partida **01.05** CONFORMACIÓN DE SUELO ESTABILIZADO

Rendimiento **m2/DIA** MO. **2,500.0000** EQ. **2,500.0000** Costo unitario directo por : m2 **8.60**

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0201001 "ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS Y TECNOLOGÍA ENTRE PAVIMENTOS BASICOS EN LA CARRETERA
CAMBIO PUENTE -
 Subpresupuesto 001 **CASCAJAL, DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA- ANCASH"**
 10/10/2018 **ESTAB** Fecha presupuesto

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0032	17.00	0.05
0101010005	PEON	hh	7.0000	0.0224	15.30	0.34
0.39						
Materiales						
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0200	10.17	0.20
0222150002	ADITIVO LÍQUIDO	l		0.0375	120.00	4.50
0222150003	ADITIVO SÓLIDO (CEMENTO PORTLAND)	kg		6.7500	0.52	3.51
8.21						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201001** "ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS Y TECNOLOGÍA ENTRE PAVIMENTOS BASICOS EN LA CARRETERA
CAMBIO PUENTE -
CASCAJAL, DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA- ANCASH"
 Subpresupuesto **002** **BICAPA** Fecha presupuesto
10/10/2018

Partida	01.01	TRAZO Y REPLANTEO						
Rendimiento	km/DIA	MO. 0.5000	EQ. 0.5000	Costo unitario directo por : km			964.45	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
01010300000005		OPERARIO TOPOGRAFO	hh	1.0000	16.0000	16.0000		
21.00	336.00							
01010300030001		AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	día	2.0000	4.0000	4.0000		
15.00	60.00							
						396.00		
	Materiales							
0231040001	ESTACAS DE MADERA	und		7.7000	5.50	42.35		
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.2000	30.50	6.10		
						48.45		
	Equipos							
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	16.0000	17.50	280.00		
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO CON TRIPODE Y ACCESORIOS	hm	1.0000	16.0000	15.00	15.00		
240.00								
						520.00		
Partida	01.02	MANTENIMIENTO Y DESVIO DE TRANSITO TEMPORAL						
Rendimiento	mes/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes			3,442.97	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.8000	24.08	19.26		
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	20.97	167.76		
0101010005	PEON	hh	6.0000	48.0000	15.30	734.40		
						921.42		
	Materiales							
0210030004	MALLA DE SEGURIDAD DE PVC	rll		3.0000	100.00	300.00		
0267110014	TRANQUERAS	und		12.0000	37.15	445.80		
0267110022	CONO DE SEGURIDAD	und		15.0000	55.05	825.75		
0290150029	CARTEL DE SEGURIDAD	und		10.0000	95.00	950.00		
						2,521.55		
Partida	01.03	CONFORMACION GRANULAR ESTABILIZADA						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,500.0000	EQ. 2,500.0000	Costo unitario directo por : m2			8.60	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0032	17.00	0.05		
0101010005	PEON	hh	7.0000	0.0224	15.30	0.34		
						0.39		
	Materiales							
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0200	10.17	0.20		
0222150002	ADITIVO LÍQUIDO	l		0.0375	120.00	4.50		
0222150003	ADITIVO SÓLIDO (CEMENTO PORTLAND)	kg		6.7500	0.52	3.51		
						8.21		
Partida	01.04	IMPRIMACION ASFALTICA 1RA CAPA						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 4,000.0000	EQ. 4,000.0000	Costo unitario directo por : m2			11.99	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0020	24.08	0.05		

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201001** "ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS Y TECNOLOGÍA ENTRE PAVIMENTOS BASICOS EN LA CARRETERA
CAMBIO PUENTE -
CASCAJAL, DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA- ANCASH"
 Subpresupuesto **002** **BICAPA** Fecha presupuesto
10/10/2018

0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0020	17.00	0.03
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0120	15.30	0.18
0.26						

Materiales

0201050002	EMULSION ASFALTICA	gal		0.7100	12.50	8.88
02070100010004	PIEDRA CHANCADA 1"	m3		0.0200	75.30	
1.51						

10.39

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.26	0.01
0301100008	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100HP 5.5-20 ton	hm		1.0000	0.0020	140.00
0.28						
0301100009	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 100HP 7-9 ton	hm		1.0000	0.0020	150.00
0.30						
03012200080001	CAMION IMPRIMADOR DE 1800 gl	hm	1.0000	0.0020	180.00	0.36
0301390004	ESPARCIDORA DE AGREGADOS	hm	1.0000	0.0020	194.70	0.39
1.34						

Partida **01.05** **IMPRIMACION ASFALTICA 2DA CAPA**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **4,000.0000** EQ. **4,000.0000** Costo unitario directo por : m2 **5.53**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0020	24.08	0.05
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0020	17.00	0.03
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.0160	15.30	0.24
0.32						
Materiales						
0201050002	EMULSION ASFALTICA	gal		0.2400	12.50	3.00
0207010012	PIEDRA CHANCADA DE 3/8" + Arena Gruesa	m3		0.0120	72.46	0.87
3.87						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.32	0.01
0301100008	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100HP 5.5-20 ton	hm		1.0000	0.0020	140.00
0.28						
0301100009	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 100HP 7-9 ton	hm		1.0000	0.0020	150.00
0.30						
03012200080001	CAMION IMPRIMADOR DE 1800 gl	hm	1.0000	0.0020	180.00	0.36
0301390004	ESPARCIDORA DE AGREGADOS	hm	1.0000	0.0020	194.70	0.39
1.34						

ANEXO VII

INSUMOS

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra **0201001** "ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS Y TECNOLOGÍA ENTRE PAVIMENTOS BASICOS
EN LA CARRETERA CAMBIO PUENTE - CASCAJAL, DISTRITO DE CHIMBOTE,
PROVINCIA DEL SANTA- ANCASH"
Subpresupuesto **001** ESTAB
Fecha **01/10/2018**
Lugar **021809** ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
MANO DE OBRA					
0101010002	CAPATAZ	hh	4.0000	24.08	96.32
0101010003	OPERARIO	hh	520.0000	20.97	10,904.40
0101010004	OFICIAL	hh	960.0000	17.00	16,320.00
0101010005	PEON	hh	3,360.0000	15.30	51,408.00
0101000005	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	240.0000	21.00	5,040.00
0101030001	AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	día	60.0000	15.00	900.00
					84,668.72
MATERIALES					
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	1,500.0000	10.17	15,255.00
0210030004	MALLA DE SEGURIDAD DE PVC	rll	15.0000	100.00	1,500.00
0222150002	ADITIVO LÍQUIDO	l	2,812.5000	120.00	337,500.00
0222150003	ADITIVO SÓLIDO (CEMENTO PORTLAND)	kg	506,250.0000	0.52	263,250.00
0231040001	ESTACAS DE MADERA	und	115.5000	5.50	635.25
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal	3.0000	30.50	91.50
0267110014	TRANQUERAS	und	60.0000	37.15	2,229.00
0267110022	CONO DE SEGURIDAD	und	75.0000	55.05	4,128.75
0290150029	CARTEL DE SEGURIDAD	und	50.0000	95.00	4,750.00
					629,339.50
EQUIPOS					
0301000011	TEODOLITO	hm	240.0000	17.50	4,200.00
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO CON TRIPODE Y ACCESORIOS	hm	240.0000	15.00	3,600.00
0301100007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	240.0000	140.00	33,600.00
0301220009	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 1,500 gl	hm	240.0000	140.00	33,600.00
					75,000.00
				Total	S/. 789,008.22

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra **0201001** "ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS Y TECNOLOGÍA ENTRE PAVIMENTOS BASICOS EN LA CARRETERA CAMBIO PUENTE - CASCAJAL, DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA- ANCASH"
 Subpresupuesto **002** BICAPA
 Fecha **01/10/2018**
 Lugar **021809** ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
MANO DE OBRA					
0101010002	CAPATAZ	hh	304.0000	24.08	7,320.32
0101010003	OPERARIO	hh	40.0000	20.97	838.80
0101010004	OFICIAL	hh	332.0000	17.00	5,644.00
0101010005	PEON	hh	2,564.0000	15.30	39,229.20
0101030005	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	240.0000	21.00	5,040.00
0101030001	AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	día	60.0000	15.00	900.00
					58,972.32
MATERIALES					
0201050002	EMULSION ASFALTICA	gal	71,250.0000	12.50	890,625.00
0207010004	PIEDRA CHANCADA 1"	m3	1,500.0000	75.30	112,950.00
0207010012	PIEDRA CHANCADA DE 3/8" + Arena Gruesa	m3	900.0000	72.46	65,214.00
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	200.0000	10.17	2,034.00
0210030004	MALLA DE SEGURIDAD DE PVC	rl	15.0000	100.00	1,500.00
0222150002	ADITIVO LÍQUIDO	l	375.0000	120.00	45,000.00
0222150003	ADITIVO SÓLIDO (CEMENTO PORTLAND)	kg	67,500.0000	0.52	35,100.00
0231040001	ESTACAS DE MADERA	und	115.5000	5.50	635.25
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal	3.0000	30.50	91.50
0267110014	TRANQUERAS	und	60.0000	37.15	2,229.00
0267110022	CONO DE SEGURIDAD	und	75.0000	55.05	4,128.75
0290150029	CARTEL DE SEGURIDAD	und	50.0000	95.00	4,750.00
					1,164,257.50
EQUIPOS					
0301000011	TEODOLITO	hm	240.0000	17.50	4,200.00
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO CON TRIPODE Y ACCESORIOS	hm	240.0000	15.00	3,600.00
0301100008	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100HP 5.5-20 ton	hm	300.0000	140.00	42,000.00
0301100009	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 100HP 7-9 ton	hm	300.0000	150.00	45,000.00
0301220001	CAMION IMPRIMADOR DE 1800 gl	hm	300.0000	180.00	54,000.00
0301390004	ESPARCIDORA DE AGREGADOS	hm	300.0000	194.70	58,410.00
					207,210.00
				Total	S/. 1,430,439.82