UTILIZACIÓN DE MATERIALES PROCEDENTES DE LA QUEBRADA LA LUCHA EN EL MUNICIPIO DE COELLO, ESTABILIZADOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS DE LA RED TERCIARIA

JORGE ARMANDO MENESES MARTÍNEZ
FREDY ALFONSO MATEUS PARRA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT
2017

UTILIZACIÓN DE MATERIALES PROCEDENTES DE LA QUEBRADA LA LUCHA EN EL MUNICIPIO DE COELLO, ESTABILIZADOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS DE LA RED TERCIARIA

JORGE ARMANDO MENESES MARTÍNEZ
FREDY ALFONSO MATEUS PARRA

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Tutor
NÉSTOR LEVER CARDOZO SOTELO
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT
2017

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Girardot, 12 de julio de 2019

Este trabajo de grado durante cada uno de los días de su realización implico esfuerzos, dedicación y sacrificios no solo nuestros sino también de nuestros seres queridos. Por tal razón dedicamos nuestros logros alcanzados a ellos que fueron fuente de inspiración y fortaleza para trabajar sin decaer y salir adelante siempre alentándonos en un mejor porvenir y un mejor mañana, pero como saludo personal y muy especial agradezco a mis hijos María José hija amada y Santiago Meneses mi Icarón del alma mis grandes amores.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primero que todo a nuestro señor todo poderoso que nos fortaleció espiritualmente en todo momento para la culminación de este trabajo de grado. Gracias a él que nos brindó sabiduría e inspiración para dejar plasmado nuestros conocimientos en esta labor que esperamos sirva de guía para futuros profesionales.

Agradecemos, además, el haber contado, con el ayuda y el apoyo de nuestros, compañeros de universidad y algunos amigos que con gran generosidad contribuyeron con su granito de arena para que pudiésemos cumplir con nuestra meta y un agradecimiento especial a los ingenieros Sandra Pinzón Galvis, Néstor Simón Osorio y Carlos Nieto por su dedicación y guía contribuyendo siempre a la realización y culminación de este trabajo de grado.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
1. FUNDAMENTACIÓN Y PROBLEMA	17
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	19
3.1 ALCANCE	20
4. MARCOS DE REFERENCIA	22
4.1 MARCO GEOGRÁFICO	22
4.1.1 Geología del sector de procedencia del material	22
4.1.2 Localización geográfica	23
4.1.3 Extensión y límites	24
4.2 MARCO TEÓRICO	25
4.2.1 Estabilización con cemento	29
4.2.2 Peso específico seco máximo y humedad óptima	32
4.2.3 C.B.R.	33

4.2.4 Compresión simple 34

4.2.5 Ensayo a compresión simple material estabilizado. 34

4.2.6 Normalización INVIAS 2013 para agregados pétreos. 36

4.2.7 Resistencia al desgaste de los agregados gruesos de tamaños I.N.V. E – 219-13 37

4.2.8 Determinación del límite líquido de los suelos I.N.V. E – 125 – 13 37

4.2.9 Límite plástico e índice de plasticidad de suelos I.N.V. E –126 – 13 38

4.2.10 Equivalente de arena de suelos y agregados finos I.N.V. E–133–13 38

4.2.11 Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos. 39

4.2.12 Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación) I.N.V. E – 142 – 13 40

4.2.13 Determinación del análisis granulométrico de los agregados. 42

4.2.14 Tamaño Máximo de la Partícula 42

4.3 MARCO HISTÓRICO 43

4.3.1 Bases para pavimentos 44

4.3.2 Sub-rasante 44

4.3.3 Sub-base 44

4.3.4 Base 45

4.3.5 Base Granular. 45

4.3.6 Base Estabilizada. 45

4.3.7 Superficie de rodadura. 46

5. METODOLOGÍA 47

5.1 METODOLOGÍA CUANTITATIVA 47

5.2 METODOLOGÍA CUALITATIVA 49

6. ANÁLISIS DE LOS LABORATORIOS 52

6.1 COMPARATIVO NORMA VS MATERIAL 54

7. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ENSAYOS 55

7.1 TAMIZADO POR VÍA HÚMEDA 55

7.1.1 Objetivo 56

7.2 ENSAYO DE DESGASTE PARA LOS AGREGADOS 60

7.3 REGISTRÓ FOTOGRÁFICO DE COMPACTACIÓN CBR CON MEZCLAS DE EMULSIÓN 63

8. ANÁLISIS COMPARATIVOS 65

8.1 DEL PRESUPUESTO DE MATERIAL ALUVIAL Y MATERIAL DE LA CANTERA VÍA NARIÑO PARA UN TRAMO VIAL DE 100 ML. 65

8.2 DEL PRESUPUESTO DE MATERIAL ALUVIAL Y MATERIAL DE LA CANTERA VÍA NARIÑO POR M3. 67

8.3 COMPARATIVO 67

9. CONCLUSIONES 68

10. RECOMENDACIONES 71

BIBLIOGRAFÍA 72

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Coordenadas planas del Municipio de Coello. 23

Cuadro 2. Distribución del área en el Municipio de Coello. 24

Cuadro 3. Límites del municipio. 25

Cuadro 4. Características de la emulsión. 27

Cuadro 5. Clasificación de la emulsión asfáltica. 28

Cuadro 6. Resultados de clasificación, material estabilizado. 32

Cuadro 7. Resultados de γ dmax y ω opt., material estabilizado 33

Cuadro 8. Resultados de CBR, material estabilizado con cemento. 33

Cuadro 9. Porcentaje de incremento del CBR. 34

Cuadro 10. Resultados de compresión simple, material estabilizado con el 7% de cemento 34

Cuadro 11. Índice de plasticidad. 35

Cuadro 12. Comparativo ensayo desgaste máquina de Los Ángeles 50

Cuadro 13. Comparativo ensayo límite líquido 50

Cuadro 14. Comparativo ensayo índice de plasticidad 50

Cuadro 15. Comparativo franjas granulométricas 50

Cuadro 16. Comparativo ensayo equivalente de arena 51

Cuadro 17. Comparativo ensayo modificado de compactación. 51

Cuadro 18. Mantenimiento de vía terciaria con afirmado. 65

Cuadro 19. Mantenimiento de vía terciaria con material aluvial de la quebrada La Lucha. 66

Cuadro 20. Presupuesto por M3 de material aluvial de la quebrada La Lucha. 67

Cuadro 21. Presupuesto M3 de material vía Nariño afirmado puesto en obra municipio de Coello. 67

Cuadro 22. Comparativo afirmado vs material según la norma. 68

Cuadro 23. Comparativo Sub-base granular vs material según la norma 69

Cuadro 24. Comparativo base granular vs material según la norma. 70

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Georreferenciación. 22

Figura 2. Vista ensayo de compactación. 47

Figura 3. Vista ensayos de compactación 48

Figura 4. Vista en inmersión de CBR 48

Figura 5. Vista en inmersión de los CBR 49

Figura 6. Tamizado de agregados 55

Figura 7. Lavado tamizado vía húmeda. 56

Figura 8. Serie de tamices 57

Figura 9. Cuarteo manual. 58

Figura 10. Tamizado de agregados finos 59

Figura 11. Material después del Ensayo en la Máquina de los Ángeles 62

Figura 12. Vistas Preparación y mezcla de la emulsión asfáltica con el material extraído de la quebrada La Lucha. 63

Figura 13. Vistas compactación de la mezcla en el cilindro. 64

Figura 14. Vistas máquina Marshall para determinar estabilidad y flujo en las viguetas de asfalto. 64

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Afirmado material aluvial La Lucha 73

Anexo B. Base Granular 79

Anexo C. Base granular vs material según la norma. 85

Anexo D. Ensayo de compactación en suelo, INVE-142-13, mezcla material aluvial quebrada La Lucha, con emulsión asfáltica CRL-1 del 5% al 40% 91

RESUMEN

El mejoramiento del suelo natural con materiales de baja capacidad portante mezclados con cemento, cal, asfalto u otros aditivos químicos, es una excelente alternativa que puede ser empleada en la construcción de pavimentos, abaratando costos en especial en las redes terciarias.

Es frecuente encontrar en las zonas rurales de los municipios, grandes acumulaciones de materiales arrastrados, en algunos casos por fuertes crecientes de aguas y que no tienen ningún empleo, como es el caso de los materiales encontrados en la quebrada La Lucha del Municipio de Coello Departamento del Tolima. Sin duda alguna, el muestreo de dichos materiales para el conocimiento de sus propiedades permitirían determinar que podrían ser estabilizados y posteriormente empleados como mejoramiento de sub rasantes o como capas componentes de los pavimentos. De ser así también podrían ser empleados en los mantenimientos de las vías terciarias de los municipios trayendo consigo el desarrollo consecuente para los pobladores y la región.

Para lograr los objetivos se desarrollará una vasta metodología de la investigación, abordando la estabilización de suelos enfocando su historia, para la utilización y el comportamiento en diferentes obras civiles y el avance que ha tenido en el transcurso del tiempo. Posteriormente en otras fases de la investigación se describirán las propiedades de los materiales y de los suelos que se emplearán en la estabilización, incluyendo la preparación de especímenes y los criterios de diseño contemplados en la normatividad estatal existente. Se analizarán los resultados obtenidos de cada uno de ellos y se valorara su capacidad estructural y su correspondiente uso, ya que en las vías terrestres es un requisito que la capa subrasante tenga una resistencia adecuada de acuerdo con las especificaciones del proyecto, ya que sirve de cimiento entre la estructura vial y el terreno natural.

Finalmente, se formularán las conclusiones y recomendaciones derivadas del trabajo, las diferentes referencias bibliográficas y la inclusión de anexos con datos y resultados de cada uno de los ensayos efectuados.

INTRODUCCIÓN

Colombia, como todos los países del mundo, para desarrollar sus regiones productivas requiere contar con una amplia red vial tanto urbana como rural, que permita en forma permanente la vinculación entre ellas y por qué no con países vecinos. Esto implica que se debe entonces llegar a los lugares más recónditos de cada región generando así progreso y su industrialización con la llegada de materias primas y la salida de productos a los mercados de consumo.

En Colombia, en los últimos doce años se le ha dado un desarrollo importante a la red primaria, convirtiendo antiguas vías de dos en vías de cuatro carriles hoy conocidas como vías de tercera y cuarta generación. Indudablemente esta transformación ha sido de vital importancia en la operatividad de los vehículos y en el transporte de personas y mercancías pero el mayor efecto de este cambio lo han recibido las grandes capitales del país, mas no así muchos municipios y veredas que se encuentra comunicadas a través de las redes secundaria y terciarias que presentan vías en su mayoría en mal estado, y sin mantenimientos rutinarios, tan solo con atenciones muy parciales en emergencias que se presentan durante la temporada de invierno. Pero el desarrollo de estas redes es vital para el desarrollo integrado del país.

Es indiscutible que uno de los grandes problemas para el mejoramiento y mantenimiento de las redes secundarias y terciarias son los recursos económicos que en su mayoría son escasos, por eso los deterioros se incrementan generando un atraso en el proceso constructivo o mantenimiento de este tipo de redes.

Otro de los grandes problemas de la infraestructura vial es la escasez de materiales cercanos de buena calidad que permitan plantear a costos asequibles su utilización en el mejoramiento de las sub rasantes y en la construcción de sub bases y bases que garanticen vías resistentes y durables.

La mayoría de los caminos rurales, están conformados por limos y arcillas que en estado seco siempre han ofrecido un buen comportamiento, el cual se reduce en forma drástica en presencia de agua, al estar afectados por un mayor o menor grado de expansividad, con las consecuentes dificultades e inconvenientes que esto representa para servir de soporte a los materiales que pretendan utilizarlos como cimiento, creando caminos inestables e intransitables para los vehículos.

Es frecuente que en los taludes de los caminos rurales por donde las aguas superficiales han formado vertimientos de agua se formen depósitos de materiales producto del arrastre, pero que no cumple las especificaciones, ya que

presentan materiales blandos y finos y en ocasiones con altos valores de índice de plasticidad, características que en condiciones naturales no los hacen aptos por su baja capacidad portante, pero que por su cercanía a las vías son una gran alternativa si a través de procesos de estabilización se logran mejorar sus propiedades físico-mecánicas, lo cual permitirá en forma rápida económica y practica el uso de esos suelos naturales en los mejoramientos y mantenimientos.

La estabilización de suelos permite la utilización en gran escala de los materiales locales y en especial de materiales del camino, pues el agotamiento de materiales granulares, los altos costos de los materiales pétreos comerciales y sus largos y oneroso transporte, influyen para encarecer las denominadas estabilizaciones granulométricas, en comparación con las propuestas con los materiales naturales.

En la actualidad los agentes estabilizadores se usan en casi todo el mundo para superar las limitaciones que tienen los suelos naturales sobre su comportamiento en el camino. Muchos son los análisis que se han realizado sobre la estabilización de suelos y se han invertido cuantiosos recursos en intensos estudios, visionando los grandes beneficios que puedan obtenerse, tanto estructuralmente como en la reducción de costos.

En Colombia en algunas vías primarias y en proyectos de rehabilitación se ha aplicado la estabilización de suelos, pero con altos costos, con excelentes resultados, pero con unos costos de ejecución muy altos y no aplicables en especial en la red terciaria. Por tal razón se pretende mejorar la red terciaria utilizando los materiales naturales tal como se encuentra en el camino o depósitos para estabilizarlos, analizando inicialmente sus resultados en el laboratorio y comparando dichos resultados con la normatividad existentes para proponer su aplicación como materiales mejorados (CLAVIJO, ALZATE, & MANTILLA, 2014).

Basados en estas debilidades donde encontramos que el departamento del Tolima que en un 40% de sus habitantes viven es zona rural hemos propuesto el trabajo de grado "UTILIZACIÓN DE MATERIAL ALUVIAL PROCEDENTE DE LA QUEBRADA LA LUCHA EN EL MUNICIPIO DE COELLO ESTABILIZADOS CON EMULSIÓN PARA DETERMINAR SU COMPORTAMIENTO EN CUANTO AFIRMADO, BASE Y SUB BASE Y ANALIZAR EN QUE TIPO DE VÍA SE PUEDE DAR USO A ESTE MATERIAL ALUVIAL" pretendiendo con este estudio aportar conocimientos experimentales, que permitan proponer soluciones aplicables en función del mejoramiento de sus

características geotécnicas pero sin apartarnos de la aplicación de las normas vigentes para la estabilización de suelos.

1. FUNDAMENTACIÓN Y PROBLEMA

El sedimento de muchas quebradas de nuestra región como la ubicada entre la vía Coello - corregimiento La Vega a la altura del km 5 del Departamento del Tolima en tiempo de invierno taponan la vía entre el municipio y el corregimiento, por lo tanto, este material aluvial se pretende utilizar para el mejoramiento de las vías terciarias que existen en este tramo de vía.

Entre las diferentes soluciones posibles para obtener materiales que cumplan con las especificaciones de la norma INV. Art. 311 Afirmado A-38 e INV. E-125 y 126 B. Granular Art. 330 tenemos el mejoramiento con estos aditivos, con cemento, enzimas, asfalto y emulsión asfáltica. Las mezclas asfálticas en frio, empleando como ligante una emulsión asfáltica, tiene poca utilización, porque en la mayoría de casos se prefieren las mezclas calientes, debido a que se compacta mejor, se adhiere mejor a la base granular y su confinamiento es mucho mayor.

Los agregados pétreos no requieren secado ni calentamiento, es decir, que se emplean tal como se presentan en el acopio, con su humedad natural. Estas mezclas también pueden ser elaboradas en la misma planta central, destinada a la producción de mezclas en caliente, prescindiendo para ello del sistema de calefacción, para el secado de los áridos, el calentamiento y circulación del asfalto. La mezcla asfáltica en frío permite utilizar una gran variedad de agregados y tipos de emulsiones asfálticas, que al combinarlos son aplicables en la reparación de pavimentos deteriorados, en la capa de rodadura o para la construcción de una nueva calzada, seleccionando la que más se adapte a las características del proyecto.

Para garantizar un mejor desempeño, se propone la estabilización con emulsión asfáltica, a fin de obtener un comportamiento y rendimiento similar al de un afirmado, base granular o sub base granular de calidad, siempre buscando el mayor beneficio, a base de un costo moderado.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar las características del material aluvial proveniente del sedimento de la quebrada La "Lucha" del municipio de Coello, con el fin de determinar la proporción adecuada de emulsión asfáltica, a implementar en combinación con agregados que permiten su utilización como material de soporte de estructura vial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

❖ Realizar ensayos de laboratorio con el fin de determinar las propiedades mecánicas de los materiales granulares para afirmados, bases o sub bases a estabilizar.

❖ Comparar las propiedades de los materiales granulares a utilizar con las exigidas y las propuestas de uso, en la normatividad técnica respectiva.

❖ Determinar las características y el empleo de emulsiones asfálticas aplicables para la estabilización de materiales granulares en bases para pavimentos.

❖ Utilizar como guía la norma INVIAS 2013, para el mejoramiento de afirmados, sub base y base granular y lo correspondiente para la obtención del contenido de emulsión asfáltica, que arroje los mejores resultados en la estabilización de este tipo de materiales granulares.

❖ Analizar y explicar los resultados originados en el laboratorio con las tolerancias propuestas para la aceptación de bases estabilizadas con emulsión asfáltica.

❖ Aplicar los resultados técnicos generados como una alternativa válida en la utilización de materiales granulares.

3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El crecimiento urbano y rural entre el municipio de Coello y el corregimiento de la vega de los padres del departamento del Tolima presentan actualmente el incremento del parque vehicular por lo tanto trae como consecuencia un incremento en la necesidad de construcción de vías nuevas y un mejoramiento de las actuales.

Por este motivo, es más alto el consumo de materiales óptimos para los trabajos de pavimentación vial, procurando siempre la utilización de materiales lo más cercanos a la obra.

Como una alternativa para el uso de estos materiales, tenemos su mejoramiento mediante la estabilización con emulsión asfáltica, que signifique reducir el costo de las capas de pavimento, puesto que exigen la mayor calidad de los materiales cuando se trata de la capa de rodadura. La capa de base puede ser mejorada hasta que alcance el comportamiento técnico de una base.

Al mejorar el material pétreo que se utilizará en bases con emulsión asfáltica trae como consecuencia algunas ventajas tales como:

❖ Se consigue mejorar las características mecánicas, con base a mejores coeficientes estructurales, lo cual permite mayores valores de soporte con menor espesor de capa.

❖ El recubrimiento generado por el asfalto sobre los agregados pétreos admite tener una capa impermeable.

❖ Para la utilización de materiales húmedos y trabajos a temperatura ambiente, no se requiere calentamiento para su manipulación.

❖ Es un producto apto desde el punto de vista ecológico, ya que lo único que libera al medio es agua

❖ Al utilizar este material se generan ahorros en los costos totales de acarreo de materiales.

❖ El medio dispersante de las emulsiones es el agua, por este motivo no es inflamable y las emanaciones de vapores de hidrocarburo hacia la atmósfera son casi nulas.

❖ El uso de estos materiales es una alternativa técnica que puede ser fácilmente implementada para lugares cercanos a las minas, economizando en el costo de conformación de la capa de base y mejorando en calidad de la capa de rodadura.

El material sometido a investigación de la quebrada la "lucha" es un material que actualmente no tiene un uso adecuado por este motivo genera muchos problemas para los habitantes de la región ya que en épocas de invierno desde la parte alta de la quebrada arrastra mucho sedimento hacia la parte de la vía lo cual por consecuencia mayor es el deterioro que le genera a la vía inferior como coherencia también genera taponamientos de la vía y otros problemas como el daño a vehículos y mayores tiempos de desplazamientos entre municipios.

Por este motivo se somete a pruebas de laboratorio dicho material para determinar sus características y darle un buen uso como material de construcción.

3.1 ALCANCE

El trabajo de investigación propone demostrar que el mejoramiento de material granular de la quebrada la lucha, es viable para su uso como afirmados, bases y sub bases de pavimento, mediante la incorporación de emulsión asfáltica.

Para dicho estudio se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

Análisis de las características de los materiales granulares provenientes de la quebrada la lucha, mediante ensayos de laboratorio.

❖ Comparación de las características verificadas de los materiales granulares con las características propuestas por normas técnicas.

❖ Ajuste de la mezcla entre materiales granulares a una banda granulométrica, diseñada para estabilización con emulsión asfáltica.

❖ Selección de la emulsión asfáltica y el contenido teórico adecuado para la estabilización de este tipo de materiales.

- Fabricación de briquetas con la mezcla de materiales granulares y emulsión asfáltica, adoptando como guía el Método Marshall Modificado para mezclas en frío.

- Producción de briquetas con diferentes contenidos de emulsión, para determinar el contenido óptimo de estabilización de este tipo de materiales granulares.

- Análisis de los resultados obtenidos y comparación con tolerancias establecidas para este tipo de procedimientos.

- Fundamentado en los resultados generados por los ensayos, establecer una propuesta técnica de aplicación de este tipo de materiales.

4. MARCOS DE REFERENCIA

4.1 MARCO GEOGRÁFICO

Figura 1. Georreferenciación.

Fuente. Google Earth

Coordenadas del sitio: como se trata de un punto específico y no un tramo vial, se estudió que entre los meses de mayo, abril, junio y julio se puede extraer un promedio de material entre 2.500 y 3.000 m3.

Latitud 4° 17' 51.74" N
Longitud 74° 53' 42.76 O

4.1.1 Geología del sector de procedencia del material. Regionalmente, el área de procedencia del material en estudio se encuentra ubicada en la denominada Cuenca del Rio Grande de la Magdalena, la litología de la zona, se encuentra representada mayormente por rocas sedimentarias, que se encuentran rellenando la cuenca sedimentaria.

El Municipio de Coello está situado en el centro del Departamento del Tolima, en límites con el Departamento de Cundinamarca y circundado por los

Municipios de Flandes, Espinal, San Luis e Ibagué. La zona urbana está a 73,5 Kilómetros de la Ciudad Musical de Colombia, tardándose en su recorrido a una velocidad media de 74 Km/h aproximadamente 1,5 horas. Presenta una temperatura media de 28,01ºC y precipitación promedio anual de 1.234 mm. Coello cuenta con una ubicación geográfica estratégica, permitiendo la articulación del centro del departamento con municipios del Departamento de Cundinamarca.

Coello es bañado por dos sistemas hidrográficos importantes que le sirven de límite: el Río Grande de La Magdalena por el oriente y el Coello por el suroriente hasta donde se levanta la cabecera municipal y confluye al Magdalena en el margen izquierdo aguas abajo. Son también importantes las quebradas: Vindí, La Tabla, El Loro, La Lucha, Naguache, Chagualá, Potrerillo, Castañala, Tamarindo, Agua Negra, Gualanday y La Meneses.

4.1.2 Localización geográfica. El Municipio de Coello se encuentra en el centro del Departamento del Tolima, en la vertiente oriental de la Cordillera Central, entre los 300 y los 1.000 metros de altura sobre el nivel del mar, formando parte de la Cuenca Baja del Rio Coello y Media del Río Grande de La Magdalena. La cabecera municipal se encuentra localizada dentro de las coordenadas geográficas 4º 17' de Latitud Norte y 74º 54' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Cuadro 1. Coordenadas planas del Municipio de Coello.

DIRECCIÓN	X (m)	Y (m)
Norte	911.183 912.343 914.592	989.259 990.129 987.995

	916.761 920.094	988.007 990.131
Sur	900.539 893.977	957.460 965.306
Oriente	920.871 918.547 916.285 910.384 911.671 904.050	989.737 983.703 983.333 968.543 968.274 957.454
Occidente	894.672 897.130 897.140 904.049 906.103 911.964	970.098 969.812 966.977 977.555 976.470 987.791

Fuente. Coortolima

4.1.3 Extensión y límites. El Municipio tiene un área total aproximada de 33.309,1049 hectáreas (ha), de las cuales sólo 22,9452 ha corresponden al área urbana y 33.286,1596 ha a la zona rural, es decir que el 99,93% del total del área del Municipio es rural.

Cuadro 2. Distribución del área en el Municipio de Coello.

SECTOR	ÁREA	
	Hectárea (Ha)	Porcentaje %
Zona Urbana	22,9452	0,07
Zona Rural	33.286,1597	99,93
TOTAL	**33.309,1049**	**100,00**

Fuente. Coortolima

Según el Decreto No. 670 de 1950 expedido por el Gobierno Departamental y Decreto No. 2441 de 1950 aprobado por el Gobierno Nacional, los límites del Municipio de Coello son:

Cuadro 3. Límites del municipio.

PUNTOS CARDINALES	MUNICIPIOS
Norte:	Municipio de Piedras (Departamento del Tolima).
Sur:	Municipios de San Luis, El Espinal y Flandes (Departamento del Tolima).
Oriente:	Río Magdalena, margen izquierda aguas abajo y los Municipios de Girardot, Nariño y Guataquí (Departamento de Cundinamarca).
Occidente:	Municipios de Piedras e Ibagué (Departamento del Tolima).

Fuente. Coortolima

4.2 MARCO TEÓRICO

La explotación de agregados pétreos genera algunos excesos que no satisfacen los parámetros de calidad exigidos para una base o sub base granular. Por tal razón, se han empleado bases o sub bases estabilizadas con emulsiones asfálticas modificadas, las cuales mejoran las características del agregado pétreo y, en consecuencia, Permiten su utilización en pavimentos sometidos a altas solicitaciones o en diferentes tipos de vía nacionales desde primarias hasta terciarias. Esta investigación tiene por objetivo el diseño de una sub base estabilizada con emulsión asfáltica modificada utilizando los materiales de sedimento de la quebrada la "lucha" del municipio de Coello departamento del Tolima; los cuales se asume que no cumplen con todos los parámetros de calidad exigidos por las normas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Donde trabajamos bajo los requisitos de los agregados para afirmados, sub bases granulares y bases granulares NT1 (especificaciones 2013).

> Por ende, la Universidad Santo Thomas de la ciudad de Bogotá en el año 2006 encontramos una investigación acerca de base estabilizada con emulsión asfáltica, donde La base, por ser una disipadora de esfuerzos, cumple con una función estructural importante para el buen desempeño del pavimento, por lo cual se debe evaluar la calidad y composición de los agregados que hacen parte de ella e identificar sus deficiencias, para controlarlas de manera apropiada.

Lo cual hace que las características de los materiales se pueden mejorar química, física o mecánicamente. Existe una gran variedad de agentes estabilizantes, tales como la emulsión asfáltica, asfalto espumoso, cemento, cal y cenizas, entre otros. Esta investigación se concentra en el mejoramiento químico de material de base granular con la aplicación de emulsiones asfálticas modificadas.

Donde su investigación se basó en La cantera Vista Hermosa que explota materiales pétreo (renisca) desde el año 1997, empleando explosivos y maquinaria pesada, en proporciones mensuales de 2.000 m3 hasta 11.000 m3, el agregado extraído es utilizado principalmente en recebos y todo tipo de mezclas asfálticas, cuyas especificaciones son reglamentadas por la norma INVIAS de los años 1996 y 2002, sin embargo, existe un porcentaje significativo de material de «*desecho*», es decir aquel que no cumple con los parámetros de calidad y que se destina para usos menores. Esta investigación presenta una forma de aprovechamiento de este material, que por no cumplir con los requerimientos completos que exige la norma, genera pérdidas en las canteras y aumenta los gastos de transporte de material para las obras de infraestructura vial. Donde a estos desechos de los materiales se les hicieron los siguientes ensayos en laboratorios:

- Límite plástico e índice de plasticidad.

- Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.

- Resistencia al desgaste de los agregados de tamaño menores de 37,5 mm (1½”) por medio de la máquina de los ángeles.

- Relación de peso unitario-humedad en los suelos. Equipo modificado.

- Equivalente de arena

- Ensayo de compactación en suelo CBR.[1]

[1] Disponible en: https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ep/article/view/1999/1865

Cuadro 4. Características de la emulsión.

SPRAMUL CRL-1	SPRAMUL CRL-PM
Emulsión asfáltica tipo catiónica de rompimiento lento, elaborada a partir de asfaltos refinados.	Emulsión asfáltica tipo catiónica de rompimiento controlado modificada con polímeros tipo SBR, elaborada a partir de asfaltos refinados.
Es utilizada principalmente en riegos de imprimación y mezclas densas en frío.	Es utilizada principalmente en tratamientos superficiales y sellos asfálticos.
Por ser una emulsión de rompimiento lento se deposita sobre los materiales pétreos en períodos de tiempo relativamente largos.	Es una emulsión de rompimiento controlado con respecto a otras emulsiones.
Presenta condiciones ideales de adhesión, resistencia a la oxidación y cubrimiento sobre los agregados pétreos.	Mejora las propiedades visco-elásticas aumentado la resistencia a la fatiga y al ahuellamiento, reduce la susceptibilidad térmica así como la presencia de grietas, mejora la adhesión y la resistencia a la oxidación.
Es incompatible con emulsiones de tipo aniónico u otro tipo de emulsiones que alteren su desempeño.	Es incompatible con emulsiones de tipo aniónico u otro tipo de emulsiones que alteren su desempeño.
Cumple con las especificaciones requeridas por la norma INVIAS artículo 400-02 tabla 400.5 y las ASTM D-2397.	Cumple con las especificaciones requeridas por la norma INVIAS artículo 400-02 tabla 400.6 y las ASTM D-2397.

Fuente: Protocolo Emulsión CRL-1 Ecopetrol

Los materiales que no cumplían con las condiciones de calidad se estabilizaron con emulsión asfáltica para obtener una base de óptimas condiciones para los resultados esperados. Se trabajó con dos tipos de emulsión: Después de sus análisis concluyeron que los materiales que no cumplían con las condiciones de calidad se estabilizaron con emulsión asfáltica para obtener una base de óptimas condiciones para las solicitaciones esperadas. Se trabajó con un tipo de emulsión: CRL-1 cuyas características son las siguientes:

Con estas estos tipos de emulsión asfáltica se caracterizaron sin modificar y modificadas en los laboratorios de Shell Colombia (Planta Mosquera).

Se trabajó con dos emulsiones asfálticas de rompimiento lento, debido a que este tipo de emulsión tiene gran afinidad con los agregados finos; los cuales predominan en las canteras del centro del país. Las emulsiones de diseño fueron: una catiónica de rotura lenta *CRL-1* y la otra catiónica de rotura lenta Modificada con polímero SBR CRL-PM. Alas cuales se le realizaron los siguientes ensayos:

Cuadro 5. Clasificación de la emulsión asfáltica.

	ENSAYOS	UNIDAD	*Spramul* CRL-1	*Spramul* CRL-PM
ENSAYOS SOBRE EL ASFALTO ORIGINAL	Viscosidad Saybolt-Furol (25ºC)	seg	22,55	19,98
	Agua en los materiales asfálticos	%	40,6	42,2
	Sedimentación en las emulsiones asfálticas.	%	2,8	2,95
	Tamizado de las emulsiones asfálticas	%	0,0909	0,01656
	Residuo por destilación Contenido de asfalto residual	%	59,4	57.7
	PH de las emulsiones asfálticas	-	2,89	2.79
ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE DESTILACIÓN	Penetración de los materiales asfálticos	0,1mm	96	115
	Ductilidad de los materiales asfálticos.	cm	a 25ºC > 105	a 5ºC 66,5
	Solubilidad de materiales asfálticos en tricloroetileno	%	99.7	
	Punto de ablandamiento de materiales bituminosos	ºC		46
	Recuperación elástica por torsión de asfaltos modificados.	%		31

Una vez ellos después de tener identificados los materiales se realizaron los ensayos necesarios para caracterizarlos y de acuerdo con los resultados se procedió al mejoramiento y adaptación de los mismos para emplearlos como material de base estabilizada con emulsión asfáltica modificada; donde concluyeron que El agregado extraído de la cantera Vista Hermosa en su estado natural presentó un alto contenido de finos y plasticidades irregulares, en

desacuerdo con las gradaciones propuestas en la norma INVIAS para bases estabilizadas, por lo cual fue necesario realizar pruebas con el material total y parcialmente lavado. La grava presentó algunas deficiencias en cuanta gradación estipulada en el Artículo 340; por lo cual fue combinada con la arena de peña para obtener la gradación necesaria para estabilizar dichos agregados con emulsión asfáltica. Por otra parte, el desgaste equivalente al 31% de la grava estima que su comportamiento a la abrasión es apropiado para ser utilizada en una base de pavimento.

En cuanto a recomendaciones Identificar otras alternativas para el aprovechamiento de los agregados de la cantera de Vista Hermosa que no cumplen la norma INVIAS para ser utilizados en una base de pavimento empleando emulsiones asfálticas modificadas con diversos aditivos o polímetros hasta encontrar la mezcla ideal.

Realizar todos los estudios expuestos en este trabajo en otros laboratorios para encontrar una correspondencia de datos que puedan establecer unos rangos más precisos.

Realizar un análisis de costos comparando la mezcla con emulsión sin modificar y la emulsión modificada con polímeros.

Emplear otros métodos para el diseño de la mezcla como Marshall y Hveem.

4.2.1 Estabilización con cemento. Por otra parte, en otra investigación se encontró que también en la universidad de cuenca ecuador se realizaron estudios para con materiales de desecho provenientes de la cantera "la josefina" se pueda estabilizar una sub-base granular, pero solo con un 7 % de cemento solamente.

Con este fin se realiza la caracterización del material en estado natural y estabilizado con cemento mediante los siguientes ensayos de laboratorio:

Análisis granulométricos, límites de consistencia, determinación de la el peso específico máximo y humedad óptima, CBR (Valor Relativo de Soporte), resistencia a la compresión simple sin confinamiento.

Se puede decir que las bases estabilizadas con cemento son mezclas de base granular o de agregados pétreos, cemento, agua y aditivos o adiciones que se realiza en dosificaciones específicas para cada caso, con el fin de obtener un

material de mejores características en resistencia, deformabilidad y permeabilidad.

Con el fin de determinar las solicitaciones a las que estará sometida la estructura de pavimento, se realizó el estudio de tráfico mediante un conteo Manual y a través de éste se procedió a determinar el TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual), con lo que se procedió a realizar las variantes de diseño con la aplicación del método AASHTO, determinándose así la influencia que tiene en el diseño el uso de bases estabilizadas con cemento.

Con los resultados obtenidos del diseño, se realiza un análisis económico por metro cuadrado entre las distintas alternativas planteadas, con el fin de determinar la más económica.

En su principal problemática encontraron que en la ciudad de Cuenca, la Ilustre Municipalidad se encuentra realizando trabajos de mantenimiento de losas de pavimento rígido, con la utilización de bases estabilizadas con cemento; tal es el caso del Pavimento de la calle Octavio Chacón de la zona del Parque Industrial de Cuenca, en la que se ha realizado una primera intervención, reponiéndose las losas más dañadas, existiendo otras que se encuentran en proceso de deterioro en la misma calle al igual que en otras del mismo sector y en general de la ciudad, y en vista de que se necesita evitar el colapso generalizado de toda la estructura de pavimento, la municipalidad deberá realizar el mantenimiento rutinario, continuo y oportuno.

Al no existir un estudio riguroso sobre el comportamiento de las bases estabilizadas con cemento provenientes de materiales explotados en las canteras situadas en el sector la "Josefina", se requiere realizar un estudio del comportamiento de dichos materiales y su influencia en la determinación de espesores de la estructura del pavimento rígido.

Por lo tanto, empezaron con la determinación de la solución de espesores de base y losa de pavimento rígido más económica, utilizando la estabilización con cemento del material proveniente de canteras del sector "La Josefina".

Su primer objetivo fue encontrar la variación que experimenta la capacidad portante del material de base proveniente de la cantera ubicada en el sector "La Josefina" en estado natural comparados con los que se obtienen al agregarse el cemento para su estabilización.

Una vez que se realizó la caracterización del material, tanto en estado natural como estabilizado con cemento, se definieron las condiciones de tránsito para la vía de estudio obteniéndose de esta forma las solicitaciones a las que estará expuesto el pavimento durante su vida útil.

Contando con los elementos necesarios para el diseño se determinaron los espesores necesarios para la estructura de pavimento utilizando para dicho fin parámetros de la base estabilizada y sin estabilizar, y de esta forma determinar la variación en costos que experimenta con las opciones indicadas y realizar la evaluación económica.

Después de tener todo su material caracterizado y su principal problema identificaron su primer objetivo el cual era realizar la caracterización de los materiales tanto en estado natural como estabilizado con cemento, la variación que sufre el CBR (California Bearing Ratio), y su influencia en el diseño de pavimentos, para obtenerse un análisis económico con las distintas alternativas de diseño.

Por lo tanto, su principal necesidad de realizar los estudios de las bases estabilizadas con cemento para la reposición y mantenimiento de pavimentos rígidos que se viene utilizando por la Municipalidad de Cuenca; por consiguiente tuvieron en cuenta las siguientes propiedades estabilizadas con cemento:

- Densidad
- Resistencia a la compresión simple
- Resistencia a la tracción por Flexión
- Permeabilidad
- Módulo de Elasticidad

Teniendo en cuenta el Centro Técnico del Hormigón (Holcim), las propiedades del suelo – cemento, se encuentran influenciadas por factores como:

- Tipo y proporciones del suelo, del cemento y del contenido de agua
- Grado de compactación
- Uniformidad de la mezcla
- Condiciones de curado
- Edad de la mezcla compactada

Ensayos que realizaron para determinar las propiedades de los materiales:

- Granulometría
- Límites de consistencia
- Peso específico máximo y humedad óptima (ensayo Proctor Modificado)
- CBR

Una vez realizados todos los ensayos y se fija el porcentaje de cemento para el trabajo, se proceden a realizar los ensayos de laboratorio, partiendo por la granulometría, cuyos resultados son los siguientes:

Cuadro 6. Resultados de clasificación, material estabilizado.

Muestra Nº	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	LL (%)	LP (%)	IP (%)
1	GM	A-1	22,1	21,4	0,7
2	GM	A-1	24,0	21,3	2,7
3	GM	A-1	23,1	21,3	1,8
4	GC	A-2	29,9	21,3	8,6
5	GC	A-1	26,0	21,5	4,5
6	GM	A-1	24,2	21,2	3,0
7	GC	A-1	26,3	21,6	4,7

Fuente: ART, 311, 320 y 330 disposiciones generales y ejecución de afirmados Base, Sub Base granulares.

En los resultados de la tabla anterior, se obtienen valores de IP (índice de plasticidad) que se encuentran en un rango que va desde 0,7 % hasta 8,6 %, lo cual indica que no está en el rango.

NOTA: Según la norma para que cumplan el porcentaje tiene que ser menor o igual al 3.0%.

4.2.2 Peso específico seco máximo y humedad óptima. En lo que tiene que ver con los valores obtenidos en densidad seca máxima y humedad óptima mediante el ensayo Proctor Modificado, se tienen los valores que se presentan a continuación:

Cuadro 7. Resultados de γ_{dmax} y $\omega_{opt.}$, material estabilizado

Muestra Nº	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Peso específico máximo kg/m³	Humedad Óptima %
1	GM	A-1	2,170	8,78
2	GM	A-1	2,268	9,80
3	GM	A-1	2,244	9,62
4	GC	A-2	2,248	9,41
5	GC	A-1	2,260	8,60
6	GM	A-1	2,196	8,30
7	GC	A-1	2,196	9,00

Fuente: ART, 311, 320 y 330 disposiciones generales y ejecución de afirmados Base, Sub Base granulares.

Los valores del peso específico máximo varían entre un valor mínimo de 2,170 kg/m3 hasta un valor máximo de 2,268 kg/m3 mientras que la humedad óptima se encuentra en un rango que va desde 8,30% hasta 9,80%.

4.2.3 C.B.R. De igual forma que para el material en estado natural, una vez que se cuenta con los resultados del peso específico máximo y humedad óptima, se procede a realizar el ensayo de CBR, del que se tienen los resultados que se detallan a continuación:

Cuadro 8. Resultados de CBR, material estabilizado con cemento.

Muestra Nº	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Peso específico máximo	Humedad Óptima	CBR 100 %
1	GM	A-1	2,170	8,78	175
2	GM	A-1	2,182	9,80	200
3	GM	A-1	2,215	9,62	175
4	GC	A-2	2,252	9,41	140
5	GC	A-1	2,260	8,60	138
6	GM	A-1	2,196	8,30	160
7	GC	A-1	2,196	9,00	140

Los valores de CBR, se encuentra en un rango que va desde 138% hasta 200%. En la tabla 12, se describe por el incremento en porcentaje de cada muestra en el CBR.

Cuadro 9. Porcentaje de incremento del CBR.

Muestra Nº	% INCREMENTO CBR
1	257
2	400
3	272
4	159
5	165
6	171
7	211

4.2.4 Compresión simple. Al igual que con el material en estado natural, se procedió a confeccionar muestras cilíndricas para someterlas a ensayos de compresión simple, para dicho fin se trabajó de igual forma con la misma energía de compactación que se da para el ensayo Proctor Modificado; de este ensayo se obtuvieron los siguientes resultados:

4.2.5 Ensayo a compresión simple material estabilizado.

Cuadro 10. Resultados de compresión simple, material estabilizado con el 7% de cemento

MUESTRA	PROBETA No.	R7 kg/cm2	R28 kg/cm2	PROMEDIO kg/cm²
1	1	34,47		
	2		79,41	77,48
	3		75,54	
2	1	31,71		
	2		71,12	70,15
	3		69,18	
3	1	33,89		
	2		73,67	75,18
	3		76,68	
4	1	27,54		
	2		68,12	68,70
	3		69,28	
5	1	33,04		
	2		75,04	74,07
	3		73,09	
6	1	30,29		
	2		73,19	70,66
	3		68,12	
7	1	30,59		
	2		75,19	74,18
	3		73,16	

En los valores obtenidos en el ensayo se observa que la resistencia fluctúa entre valores que van desde los 68,70 kg/cm2 hasta los 77,48 kg/cm2, lo que nos garantiza que se cumple con el valor requerido de 70 kg/cm2 solicitado en las especificaciones técnicas municipales de vista hermosa, pichincha, Ecuador.

Luego de obtener los resultados de los laboratorios y un estudio de tráfico diario anual realizado obtuvieron como conclusión que los valores del CBR se incrementan al adicionar cemento al mismo material, dicho incremento va desde el 159% hasta el 400%, de acuerdo a lo que se presenta en la Tabla 12, debe tenerse en cuenta que el valor de 400%, se da en la muestra 2, que se incrementa de un valor de 40%, al 200%, al adicionarse el cemento, las otras muestra tienen un promedio de 206 %, según la tabla del CBR.

Los valores del índice de plasticidad disminuyen al agregar cemento a la muestra obteniéndose los valores que se dan en el siguiente cuadro:

Cuadro 11. Índice de plasticidad.

MUESTRA	NATURAL	ESTABILIZADO
1	3,2	0,7
2	3,4	2,7
3	2,5	1,8
4	8,7	8,6
5	4,9	4,5
6	3,0	3,0
7	5,3	4,7

El material con el que se realiza el estudio es producto de explotación en minas, razón por la cual se pueden dar variaciones en su calidad, dependiendo de la zona en la que se explote, además puede haber estado expuesto a los agentes naturales generándose su meteorización por lo que pueden existir variaciones en la calidad de las muestras.

Como conclusión a este estudio determinaron que a pesar de considerarse que la base estabilizada con cemento tiene un mejor comportamiento desde el punto de

vista estructural, dándose una menor deformabilidad, mayor resistencia, menor permeabilidad, con lo que se reducen los efectos del bombeo en el pavimento que es una de las causas para el fracaso de la estructura.

Se deben determinar de la manera más precisa las cargas a las que se someterá la estructura en estudio, en este caso las cargas generadas por el tráfico deben ser estimadas de la forma más exacta posible, de preferencia mediante el pesaje de los distintos tipos de camiones, con el fin de determinar las solicitaciones para el diseño de pavimentos, y así evitar el sobredimensionamiento, lo que repercute en un gasto innecesario de recursos; caso contrario si se subestiman las cargas, se da un sub-dimensionamiento de la estructura lo que generará que no se cumpla con la vida útil esperada de acuerdo al diseño, demandando gastos inesperados para el mantenimiento de la obra.

Como último y más importante que es necesario dar la importancia que ameritan los estudios y diseños 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.

4.2.6 Normalización INVIAS 2013 para agregados pétreos.

4.2.6.1 Análisis granulométrico de suelos por tamizado I.N.V. E – 123 – 13.

Objeto. El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200).

Existen algunas series de tamices entre las más importantes las de Tyler que utiliza progresión geométrica descendente a razón de √ y la serie estándar US de la ASTM que utiliza una razón geométrica √ desde del tamiz de ⁄ pulgadas.

Existen ciertos términos usados para denominar a las fracciones de agregados, con el propósito de describirlos por su tamaño de la siguiente manera:

- Agregado Grueso: Material retenido por el tamiz 2.36 mm (N° 8)

- Agregado Fino: Material que pasa el tamiz 2.36 mm (N° 8)

- Relleno Mineral: Fracciones de agregado fino que pasa el tamiz de 0.6 mm (N° 30)

- Polvo Mineral: fracciones de agregado fino que pasa el tamiz de 0.075 mm (N° 200)

Existen dos métodos usados para determinar la graduación de los agregados: Tamizados en seco y tamizados por lavado. El tamizado en seco se usa con material de agregado grueso, Se aconseja utilizar tamizado por lavado cuando los agregados están cubiertos por polvo o material limo arcilloso.

4.2.7 Resistencia al desgaste de los agregados gruesos de tamaños I.N.V. E – 219-13

4.2.7.1 Objeto. Esta norma tiene por objeto establecer el método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos, de tamaños mayores de 19 mm (3/4”), mediante la máquina de Los Ángeles.

Para evaluar la resistencia al desgaste de agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½"), por medio de la máquina de Los Ángeles, se deberá utilizar la norma INV E – 218.

Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad, y la aplicación de limitaciones regulatorias con anterioridad a su uso.

4.2.8 Determinación del límite líquido de los suelos I.N.V. E – 125 – 13

4.2.8.1 Objeto. El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico.

Para los fines de esta especificación, cualquier valor observado o calculado deberá aproximarse a la “unidad más cercana”.

Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es de responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y la aplicación de limitaciones regulatorias con anterioridad a su uso.

4.2.9 Límite plástico e índice de plasticidad de suelos I.N.V. E – 126 – 13

4.2.9.1 Objeto. El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, determinado por este procedimiento, en el cual el suelo permanece en estado plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

Un valor observado o calculado de un límite de un suelo debe redondearse a la "unidad más cercana".

El método de moldeo manual de rollos de suelo debe ser dado por el procedimiento normativo indicado en esta norma. Se denomina límite plástico a la humedad más baja con la cual pueden formarse rollos de suelo de unos 3 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichos rollos se desmoronen.

4.2.10 Equivalente de arena de suelos y agregados finos I.N.V. E – 133 – 13

4.2.10.1 Objeto. Este ensayo tiene por objeto determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. Es un procedimiento que se puede utilizar para lograr una correlación rápida en campo.

Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es de responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y la aplicabilidad de limitaciones regulatorias, con anterioridad a su uso.

MATERIAL:	***SUB BASE GRANULAR***	**FECHA:**	NOVIEMBRE 09/2015
NORMA:	**INV E-133**	**MUESTRA N°:**	029
CLIENTE:			

PUNTO	LECTURA		EQUIVALENTE DE ARENA
	ARCILLA	ARENA	
1	162	45	27,8
2	173	46	26,6
3	165	44	26,7
Prom.			**27,01**

EQUIVALENTE DE ARENA **27** **%**

4.2.11 Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos.

4.2.11.1 Objeto. Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18"). Se han previsto cuatro procedimientos alternativos en la siguiente forma:

Método A – Un molde de diámetro 101.6 mm (4"): material de un suelo que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4) (Secciones 3 y 4)

Método B – Un molde de diámetro 152.4 mm (6"): material de suelo que pasa tamiz de 4.75 mm (No.4) (Secciones 5 y 6).

Método C – Un molde de diámetro 101.6 mm (4"): material de suelo que pasa el tamiz de 19.0 mm (3/4") (Secciones 7 y 8)

Método D – Un molde de diámetro 152.4 mm (6") material de suelo que pasa el tamiz de 19.0 mm (3/4") (Secciones 9 y 10).

En las especificaciones se debe indicar el método por usar para el material que se va a ensayar. Si no se especifica ninguno, regirá el Método A.

Este método de ensayo se aplica a mezclas de suelos que tienen el 40% o menos retenido en el tamiz de 4.75mm (No 4) al usar los Métodos A o B, y 30% o menos de retenido en el tamiz de 19mm (3/4") cuando se emplee el Método C o el D. El material retenido en estos tamices deberá ser definido como sobre tamaños (partículas gruesas).

Si el material a ensayarse tiene partículas gruesas en un porcentaje superior al 5% y el resultado es usado para el control de compactación de suelos debe hacer correcciones a la densidad seca máxima de acuerdo con la norma INV E – 228 a fin de comparar la densidad seca del terreno con la densidad seca máxima de compactación correspondiente al material total utilizado en terreno.

Si las tolerancias máximas especificadas de sobre tamaños se exceden, se debe usar otros métodos para el control de compactación.

Nota 1. Un método para diseño y control de compactación de tales suelos consiste en usar un relleno de prueba para determinar el grado de compactación requerido y el método para obtener dicha compactación. Empléese luego un método de especificación para controlar la compactación, especificando el tipo y tamaño del equipo de compactación, el espesor de la capa y el número de pasadas.

4.2.12 Relaciones de humedad – masa unitaria seca en los suelos (ensayo modificado de compactación) I.N.V. E – 142 – 13

4.2.12.1 Objeto. Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18"). Se han previsto cuatro procedimientos alternativos en la siguiente forma:

Método A – Un molde de diámetro 101.6 mm (4"): material de un suelo que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4) (Secciones 3 y 4)

Método B – Un molde de diámetro 152.4 mm (6"): material de suelo que pasa tamiz de 4.75 mm (No.4) (Secciones 5 y 6).

Método C – Un molde de diámetro 101.6 mm (4"): material de suelo que pasa el tamiz de 19.0 mm (3/4") (Secciones 7 y 8)

Método D – Un molde de diámetro 152.4 mm (6") material de suelo que pasa el tamiz de 19.0 mm (3/4") (Secciones 9 y 10).

En las especificaciones se debe indicar el método por usar para el material que se va a ensayar. Si no se especifica ninguno, regirá el Método A.

Este método de ensayo se aplica a mezclas de suelos que tienen el 40% o menos retenido en el tamiz de 4.75mm (No 4) al usar los Métodos A o B, y 30% o menos de retenido en el tamiz de 19mm (3/4") cuando se emplee el Método C o el D. El material retenido en estos tamices deberá ser definido como sobre tamaños (partículas gruesas).

Si el material a ensayarse tiene partículas gruesas en un porcentaje superior al 5% y el resultado es usado para el control de compactación de suelos debe hacer correcciones a la densidad seca máxima de acuerdo con la norma INV E – 228 a fin de comparar la densidad seca del terreno con la densidad seca máxima de compactación correspondiente al material total utilizado en terreno.

Si las tolerancias máximas especificadas de sobre tamaños se exceden, se debe usar otros métodos para el control de compactación.

Nota 1. Un método para diseño y control de compactación de tales suelos consiste en usar un relleno de prueba para determinar el grado de compactación requerido y el método para obtener dicha compactación. Empléese luego un método de especificación para controlar la compactación, especificando el tipo y tamaño del equipo de compactación, el espesor de la capa y el número de pasadas.

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como norma. Las unidades utilizadas en esta norma para la masa unitaria seca son dadas en Kg./m^3.

Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien emplee esta norma el establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y el determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como norma. Las unidades utilizadas en esta norma para la masa unitaria seca son dadas en Kg./m^3

Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien emplee esta norma el establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y el determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

4.2.13 Determinación del análisis granulométrico de los agregados.

4.2.13.1 Graduación y Tamaño máximo de la partícula. Todas las especificaciones de materiales utilizados en construcción y en especial en pavimentos requieren el cumplimiento del tamaño de partículas que conforman las mezclas de agregados, esto se consigue mediante el establecimiento de márgenes y la presencia de tamaños de partículas en ciertas proporciones.

La distribución de los diferentes tamaños de partículas que conforman los agregados se denomina graduación del agregado o graduación de la mezcla. Es preciso comprender el método de medición del tamaño de las partículas y la graduación para determinar si el agregado cumple o no con las especificaciones.

4.2.14 Tamaño Máximo de la Partícula. El Tamaño Máximo de las Partículas más grandes de los agregados debe ser definitivo, porque las especificaciones sugieren un tamaño máximo de partículas para cada agregado usado.

Existen dos criterios usados para la designación del tamaño máximo de partículas:

4.2.14.1 Tamaño Máximo Nominal. Designado como un tamiz más grande que el primer tamiz que retiene más del 10 por ciento de las partículas de agregado, en una serie normal de tamices.

4.2.14.2 Tamaño Máximo. Designado como un tamiz más grande que el tamaño máximo nominal de partícula. Se acostumbra que este tamiz sea el más pequeño por el cual pasa el 100 por ciento de las partículas de agregado.

4.2.14.3 Granulometrías. La granulometría de las partículas se determina por análisis de tamices o granulometría sobre la muestra de los agregados.

El análisis de tamices consiste en pasar la muestra por una serie de tamices, cada tamiz tiene aberturas de tamaño especifico, los tamices se los denomina por el tamaño de la abertura.

Para trabajar con agregados se los ha clasificado en dos grupos: por su tamaño, poniendo como característica los agregados retenidos por tamices grandes se denominan agregado grueso, y los retenidos por tamices pequeños, agregados finos.

La granulometría del agregado tiene en cuenta el porcentaje en peso total de la muestra que pasa por cada uno de los tamices.

La granulometría se determina calculando el peso del contenido de cada tamiz después de haber efectuado el análisis de tamices. Luego se resta el peso del contenido de cada tamiz del peso total de la muestra.

La forma de establecer la distribución granulometría de un agregado, es graficando el peso del agregado con el respectivo tamaño retenido.

Para la determinación del tamaño retenido se utilizan tamices con diferentes aberturas, estos tamices están formados de mallas cuadradas sobre marcos circulares que pueden ser colocados uno sobre otro.

4.3 MARCO HISTÓRICO

La finalidad de las construcciones viales como áreas de estacionamiento, calles, vías y pistas de aeropuertos, transitadas por vehículos, es proveer de una apropiada sub-base o fundación, proporcionar un adecuado drenaje, y aplicar un pavimento que cumpla con condiciones indicadas como:

❖ Un espesor total suficiente que soporte una resistencia interna y garantice una resistencia a cargas de tráfico esperadas.

❖ La compactación de los materiales que conformen la estructura del pavimento debe prevenir la penetración y la acumulación interna de humedad.

❖ La superficie terminada de rodadura tendrá características de suavidad, resistencias a deslizamientos, rozamiento, distorsión y deterioro por acción del tráfico de agentes atmosféricos.

La sub-rasante soporta de manera general todas las cargas producidas por el tránsito. El pavimento tiene como función estructural soportar la carga de los

ejes desde la superficie, transferir y distribuir la carga a la sub-rasante, sin superar las resistencias propias del pavimento.

4.3.1 Bases para pavimentos. Estructura de los pavimentos: capas de materiales. El pavimento de manera general está compuesto por una serie de capas de la siguiente manera:

- Sub-rasante
- Sub-base
- Base
- Superficie de rodadura

4.3.2 Sub-rasante. Es la capa de terreno de una vía que resiste la estructura del pavimento, ocupa hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Esta capa puede estar creada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes detalladas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento está muy relacionado con la calidad de la sub-rasante, se busca que esta capa supere los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

El diseño de un pavimento de forma básica es el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la sub-rasante.

4.3.3 Sub-base. Es la capa de la estructura del pavimento que tiene por funciones: soportar, transmitir y distribuir de manera uniforme las cargas aplicadas desde la superficie de rodadura del pavimento a la sub-rasante.

La Sub-base debe soportar las variaciones que pueden afectar al suelo, controla los cambios de elasticidad y volumen que pueden dañar el pavimento

Esta capa se utiliza también como capa de drenaje y para el control de ascensión capilar de agua, cuidando la estructura de pavimento, por lo que ordinariamente se usan materiales granulares. La presencia de capilaridad en esta capa produce hinchamientos por acción del congelamiento del agua en temperaturas bajas, si no se dispone de una sub-rasante y Sub-base adecuada se producirán fallas en el pavimento.

Esta capa de material actúa como material de transición entre la sub-rasante y la capa de base.

4.3.4 Base. Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub base y la capa de rodadura que tiene como funciones: la distribución y transmisión de las cargas generadas por el tránsito, a capas inferiores del pavimento como: la Sub-base y a través de ésta a la sub-rasante, y es la capa que sirve de soporte a la capa de rodadura.

Las bases especificadas son las siguientes:

- Base granular; y
- Base Estabilizada

4.3.5 Base Granular.

Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub-base y la capa de rodadura, esta capa está constituida por piedra de buena calidad triturada, grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, en su estado natural.

Los materiales que forman esta capa deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento.

Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, todas estas propiedades dependerán de la relación entre la cantidad de finos y de agregado grueso[2].

4.3.6 Base Estabilizada.

Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub-base y la capa de rodadura, esta capa está constituida por piedra de buena calidad triturada grava y mezclada con material de relleno, arena, esta mezcla se combina con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante del pavimento

[2] MONTERO, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos. Bogotá. 2013. p. 45.

destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de Sub-base.

Los materiales estabilizadores más utilizados son: asfalto, enzimas, emulsiones asfálticas, cemento y cal [3].

4.3.7 Superficie de rodadura.

Es la capa que conforma la estructura del pavimento más externa, se coloca sobre la base.

La función principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para el ingreso del agua lluvia por filtración que puede saturar las capas inferiores.

La capa de rodadura evita el deterioro de las capas inferiores a causa del tránsito de vehículos.

La capa de rodadura aumenta la capacidad soporte del pavimento, por que absorbe cargas, este aumento es apreciable para espesores mayores a 4 centímetros, en el caso de riegos superficiales se considera el aumento nulo [4].

[3] Ibid. p. 46
[4] Ibid. p. 51

5. METODOLOGÍA

5.1 METODOLOGÍA CUANTITATIVA

Se toman de varios sectores muestras del material aluvial de La Quebrada La Lucha del Municipio de Coello, donde se realizarán ensayos de laboratorio y todas estas pruebas deben ser plasmadas en un formato determinado para cada una de ellas y mostrar los datos de manera clara y sencilla para un buen entendimiento, de tal manera se realizan los siguientes ensayos de laboratorio:

- Límite de Attemberg.
- Desgaste máquina de Los Ángeles
- Índice de plasticidad
- Franjas granulométricas del material
- Equivalente de arena
- Ensayos modificados de compactación

Figura 2. Vista ensayo de compactación.

Figura 3. Vista ensayos de compactación

Figura 4. Vista en inmersión de CBR

Figura 5. Vista en inmersión de los CBR

5.2 METODOLOGÍA CUALITATIVA

En esta proceso se abordara de manera muy breve pero definida, el significado y contenido de cada una de las pruebas de laboratorio que se pretendan analizar en este proyecto, esta metodología que se le aplica a cada una de las pruebas de laboratorio se hace desde el punto de vista de la ingeniería civil que tiene como objeto al igual que cualquier laboratorio de otra rama, por ejemplo, la medicina, realizar una serie de pruebas y ensayos a determinados elementos con el fin de conocer su estado físico, sus características y de esta manera poder determinar en qué capa de un pavimento se puede utilizar este material aluvial de la quebrada la lucha del municipio de Coello.

Cuadro 12. Comparativo ensayo desgaste máquina de Los Ángeles

NORMAS INVIAS 2013 CLASE C NIVEL DE TRANSITO (NT-1)

Tipo de clase: clase c para vías terciarias.

MATERIAL	ENSAYO DE LABORATORIO	NORMA	REQUISITO	RESULTADO	ESTADO
AFIRMADO	DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES	E-218	≤ 50	51.2	NO CUMPLE
BASE	DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES	E-218	≤ 40	51.2	NO CUMPLE
SUB BASE	DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES	E-218	≤ 50	51.3	NO CUMPLE

Cuadro 13. Comparativo ensayo límite líquido

Tipo de clase: clase c para vías terciarias.

MATERIAL	ENSAYO DE LABORATORIO	NORMA	REQUISITO	RESULTADO	ESTADO
AFIRMADO	LIMITE LIQUIDO, MAXIMO(%)	E-125	40	36.0	SI CUMPLE
BASE	LIMITE LIQUIDO, MAXIMO(%)	E-125	41	36.0	SI CUMPLE
SUB BASE	LIMITE LIQUIDO, MAXIMO(%)	E-125	25	36.0	NO CUMPLE

Cuadro 14. Comparativo ensayo índice de plasticidad

Tipo de clase: clase c para vías terciarias.

MATERIAL	ENSAYO DE LABORATORIO	NORMA	REQUISITO	RESULTADO	ESTADO
AFIRMADO	INDICE DE PLASTICIDAD	E-125 Y E-126	ENTRE 4 -9	9.0	SI CUMPLE
BASE	INDICE DE PLASTICIDAD	E-125 Y E-126	≤ 3	9.0	NO CUPLE
SUB BASE	INDICE DE PLASTICIDAD	E-125 Y E-126	≤ 6	9.0	NO CUPLE

Cuadro 15. Comparativo franjas granulométricas

Tipo de clase: clase c para vías terciarias.

MATERIAL	ENSAYO DE LABORATORIO	NORMA	REQUISITO	RESULTADO	ESTADO
AFIRMADO	FRANJAS GRANULOMETRICAS	A-38	REPORTAR	REPORTAR	NO CUMPLE
BASE	FRANJAS GRANULOMETRICAS	BG-38	REPORTAR	REPORTAR	NO CUMPLE
SUB BASE	FRANJAS GRANULOMETRICAS	SBG-50	REPORTAR	REPORTAR	SI CUMPLE

Cuadro 16. Comparativo ensayo equivalente de arena

Tipo de clase: clase c para vías terciarias.

MATERIAL	ENSAYO DE LABORATORIO	NORMA	REQUISITO	RESULTADO	ESTADO
AFIRMADO	EQUIVALENTE DE ARENA	E-133	REPORTAR	16.0	NO CUMPLE
BASE	EQUIVALENTE DE ARENA	E-133	≥30.0	16.0	NO CUMPLE
SUB BASE	EQUIVALENTE DE ARENA	E-133	≥25.0	16.0	NO CUMPLE

Cuadro 17. Comparativo ensayo modificado de compactación.

Tipo de clase: clase c para vías terciarias.

MATERIAL	ENSAYO DE LABORATORIO	NORMA	REQUISITO	RESULTADO	ESTADO
AFIRMADO	MODIFICADO DE COMPACTACION	E-142	REPORTAR	REPORTAR	REPORTAR
BASE	MODIFICADO DE COMPACTACION	E-142	REPORTAR	REPORTAR	REPORTAR
SUB BASE	MODIFICADO DE COMPACTACION	E-142	REPORTAR	REPORTAR	REPORTAR

6. ANÁLISIS DE LOS LABORATORIOS

Material aluvial Quebrada La Lucha. Ubicada en el kilómetro 5 vía Coello – La Vega de los Padres en el Departamento del Tolima.

COMPARATIVO REQUISITO DE LOS AGREGADOS PARA AFIRMADO VS MATERIAL UTILIZADO

DESCRIPCION: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA
No DE MUESTRA: 029
FECHA: NOVIEMBRE 09/2015
CLIENTE:
NORMA: INVIAS 2013. INV. AFIRMADO ART.311 - 13

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	RESULTADO MATERIAL	ESTADO
DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES (GRADACION A)	E - 218	50	51,2	NO CUMPLE
LIMITE LIQUIDO,MAXIMO (%)	E - 125	40	36,0	SI CUMPLE
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	E -125 Y E - 126	4 - 9	9,0	SI CUMPLE
CBR (%) SE MEDIRA SOBRE MUESTRAS SOMETIDAS PREVIAMENTE A CUATRO DIAS DE INMERSION	E - 148	≥15	18,2, 16,4, 19,1, 15,5.	SI CUMPLE
FRANJAS GRANULOMETRICAS DEL MATERIAL DE AFIRMADO	TIPO DE GRADACION A-38	REPORTAR	REPORTAR	NO CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA, MINIMO (%)	E - 133	REPORTAR	REPORTAR	NO CUMPLE
ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACION	E - 142	REPORTAR	REPORTAR	REPORTAR

OBSERVACIONES: ***AL HACER LAS MEZCLAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA QUEBRADA LA LUCHA CON EMULSION ASFALTICA CRL-1, EN PORCENTAJES DE 5,10,15,20,25,30,35,40%. SOLO CUMPLEN CON LA ESPECIFICACION DE AFIRMADO ART.311-13 DE CBR, LOS PORCENTAJES DE 15%,20%,25%,30%, LOS DEMAS PORCENTAJES NO CUMPLEN CON LA ESPECIFICACION.***

LABORATORISTA

JEFE DE LABORATORIO

NOTA: Anexos de los resultados Pág. 88-102.

COMPARATIVO REQUISITO DE LOS AGREGADOS PARA SUB BASE GRANULAR CLASE C VS MATERIAL UTILIZADO

DESCRIPCION: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA
No DE MUESTRA: 029
FECHA: NOVIEMBRE 09/2015
CLIENTE:
NORMA: INVIAS 2013. SUB BASE GRANULAR CLASE C. ART.320 - 13

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	RESULTADO MATERIAL	ESTADO
DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES (GRADACION A)	E - 218	50	51,2	NO CUMPLE
LIMITE LIQUIDO,MAXIMO (%)	E - 125	25	36,0	NO CUMPLE
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	E -125 Y E - 126	6	9,0	NO CUMPLE
CBR (%) SE MEDIRA SOBRE MUESTRAS SOMETIDAS PREVIAMENTE A CUATRO DIAS DE INMERSION	E - 148	≥30	8,6, 12,2, 18,2, 16,4 19,1, 15,5, 14,1, 11,7.	NO CUMPLE NO CUMPLE
FRANJAS GRANULOMETRICAS DEL MATERIAL DE SUB BASE GRANULAR	TIPO DE GRADACION SBG-50	REPORTAR	REPORTAR	SI CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA, MINIMO (%)	E - 133	25	16,0	NO CUMPLE
ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACION	E - 142	REPORTAR	REPORTAR	REPORTAR

OBSERVACIONES: AL HACER LAS MEZCLAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA QUEBRADA LA LUCHA CON EMULSION ASFALTICA CRL-1, EN PORCENTAJES DE 5,10,15,20,25,30,35,40%. NO CUMPLEN CON LA ESPECIFICACION DE SUB BASE GRANULAR CLASE C ART.320-13

LABORATORISTA

JEFE DE LABORATORIO

NOTA: Anexos de los resultados Pág. 88-102.

6.1 COMPARATIVO NORMA VS MATERIAL

COMPARATIVO REQUISITO DE LOS AGREGADOS PARA BASE GRANULAR CLASE C VS MATERIAL UTILIZADO

DESCRIPCION: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA
No DE MUESTRA: 029
FECHA: NOVIEMBRE 09/2015
CLIENTE:
NORMA: INVIAS 2013. BASE GRANULAR CLASE C. ART.330 - 13

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	RESULTADO MATERIAL	ESTADO
DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES (GRADACION A)	E - 218	40	51,2	NO CUMPLE
LIMITE LIQUIDO,MAXIMO (%)	E - 125	25	36,0	NO CUMPLE
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	E -125 Y E - 126	3	9,0	NO CUMPLE
CBR (%) SE MEDIRA SOBRE MUESTRAS SOMETIDAS PREVIAMENTE A CUATRO DIAS DE INMERSION	E - 148	≥80	8,6, 12,2, 18,2, 16,4 19,1, 15,5, 14,1, 11,7.	NO CUMPLE NO CUMPLE
FRANJAS GRANULOMETRICAS DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR	TIPO DE GRADACION BG-38	REPORTAR	REPORTAR	NO CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA, MINIMO (%)	E - 133	30	16,0	NO CUMPLE
ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACION	E - 142	REPORTAR	REPORTAR	REPORTAR

OBSERVACIONES: AL HACER LAS MEZCLAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA QUEBRADA LA LUCHA CON EMULSION ASFALTICA CRL-1, EN PORCENTAJES DE 5,10,15,20,25,30,35,40%. NO CUMPLEN CON LA ESPECIFICACION DE BASE GRANULAR CLASE C ART.330-13

LABORATORISTA

JEFE DE LABORATORIO

NOTA: Anexos de los resultados Pág. 88-102.

7. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ENSAYOS

Figura 6. Tamizado de agregados

7.1 TAMIZADO POR VÍA HÚMEDA

❖ Las muestras para tamizado por este método son lavadas con el objetivo de eliminar el polvo, limos y arcillas, después de haber sido reducidas, separadas, secadas y pesadas.

❖ Después de ser lavadas las muestras son nuevamente secadas y pesadas

❖ La diferencia en peso antes y después del lavado representa la cantidad de polvo, limos y arcillas en la muestra original.

Figura 7. Lavado tamizado vía húmeda.

7.1.1 Objetivo. Conocer la distribución de tamaños existente en las muestras de arena y ripio experimentadas, y luego realizar sus respectivas curvas granulométricas

Equipo.

- Balanza con sensibilidad de 0.1 % del peso de la muestra a ensayarse.

- Juego de tamices: 1 1/2", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", Nº 4, Nº 8, Nº 10, Nº 16, Nº 40, Nº 50, Nº 200, incluyendo tapa y fondo, las mallas son de abertura cuadrada. (Dependiendo del uso se puede agregar o retirar tamices)

- Horno de graduación de temperatura de hasta 110 ºC como mínimo.

- Bandeja con capacidad suficiente para colocar la muestra.

- Depósito para lavar la muestra.

Figura 8. Serie de tamices

Procedimiento. El proceso de la determinación de una granulometría total de una muestra sería una actividad inútil que tomaría mucho tiempo, por este motivo es recomendable el procedimiento conocido como "Cuarteo" que consiste en disminuir el tamaño de la muestra por obtener una muestra representativa a un tamaño conveniente que facilite su manejo, o de dividirla en partes con similares características para utilizarlo en otros ensayos.

Se procede de la siguiente manera:

❖ Se coloca la muestra buscando ocupar el mayor espacio posible en una superficie limpia y plana.

1. Se combina toda la muestra usando palas.

2. Se procede a formar con el material un depósito en forma cónico, este depósito cónico se aplana con palas quedando la muestra de forma circular uniforme.

3. Con las palas se procede a dividir en cuatro partes más o menos iguales, se eligen dos partes opuestas y se unen, desechándose las otras dos.

Figura 9. Cuarteo manual.

5. Existen cuarteadores mecánicos que dividen la muestra más rápidamente, de preferencia son utilizados para grandes cantidades de material, pero se obtiene el mismo resultado

6. Se repite el procedimiento anterior hasta tener la cantidad de material necesario para el análisis granulométrico, en nuestro caso por tener partículas de tamaño máximo 1 pulgada más o menos 5 a 6 kg para el agregado grueso, para el agregado fino se emplean cantidades desde 300 gramos.

7. Se seca en horno el material obtenido por cuarteo durante 24 horas a una temperatura de 110 ºC o a la intemperie si el clima lo permite, la finalidad es conseguir un peso constante.

8. Se disuelven los terrones arcillosos del material. Se pesa la muestra seca sin lavar y se anota como Peso de la muestra secada al horno.

9. Se lava, vertiendo el agua con material suspendido en el tamiz Nº 200, y se elimina el material que pasa por dicho tamiz, que vendría a ser la parte de arcilla del agregado.

10. Se seca la muestra lavada en horno a 110 ºC por 24 horas, hasta que tenga peso constante. Es muy utilizado para comprobar si un material se encuentra

seco colocar vidrio sobre la muestra, si se empaña es que todavía contiene humedad, sino se empaña la muestra está seca.

11. Se ubican los tamices colocándolos en forma descendente en cuanto a su diámetro, los diámetros mayores queden se sitúan arriba, el último tamiz colocado es el Nº 200, debajo de la cual se coloca una base.

12. Se pasa el agregado por los tamices y se sacude un tiempo adecuado hasta que se observe que la muestra no pase al siguiente tamiz.

Figura 10. Tamizado de agregados finos

13. Para obtener mejores resultados se realiza el tamizado de agregados grueso y fino de manera separada, como sugerencia se hace pasar el total de la muestra primero por el tamiz Nº4 para separar finos y gruesos.

14. Se coloca una base o fondo para tamizar por separado cada malla debajo de la que se coloca la misma y se tamiza hasta que no pase material a ésta, el pasante se agrega al tamiz siguiente. El material retenido en cada tamiz se coloca en la base y luego se pesa. Para el agregado grueso es sencillo colocarlo en la base, en el agregado fino es necesario cuidar que no se pierda material o que quede retenido en un tamiz para evitar esto se utilizara una escobilla.

15. En todos los tamices se realiza el mismo procedimiento, registrándose en cada uno el peso que retiene. También se apunta el material que se almacena en la base que paso la malla Nº 200. Esto nos permite controlar en caso de existencia de errores. Se anota el peso seco lavado antes de pasarlo por los tamices, la suma de los pesos retenidos en los distintos tamices hasta la malla Nº 200 más el peso que queda en la base debe coincidir con éste.

7.2 ENSAYO DE DESGASTE PARA LOS AGREGADOS

Los agregados deben ser capaces de resistir el desgaste y degradación en los procesos de producción, colocación y compactación de la construcción de pavimentación, y con mayor importancia durante la vida de servicio del pavimento.

La carga de la rueda ejerce una presión vertical considerada uniforme y alta en la superficie de rodadura distribuyéndola hasta que llegue mínimamente a la sub-rasante.

Por este motivo se exige que los agregados que estén más cerca de la superficie como los materiales de base y carpeta asfáltica, presenten mayor resistencia que los agregados usados en capas inferiores como la sub base, la razón se debe a que las capas superficiales reciben mayores esfuerzos y sufren mayor desgaste por parte de las cargas de tránsito.

La forma de transmisión de esfuerzos de los agregados es por medio de puntos de contacto donde se concentran altas presiones.

Con mucha frecuencia se utiliza como un indicador de la calidad relativa de los agregados o rocas trituradas al resultado de este ensayo.

La medida de la degradación de los agregados se la obtiene mediante la acción combinada de roce e impacto.

> El ensayo aplicado consiste básicamente en colocar una cantidad especificada de agregado dentro de un tambor cilíndrico de acero que está montado horizontalmente. Se añade una carga de esferas de acero y se le aplica un número determinado de revoluciones. El choque entre el agregado y las esferas da por resultado la abrasión y los efectos se

miden por la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material desgastado expresándolo como porcentaje inicial [5].

En el ensayo de resistencia a la abrasión se utiliza la Máquina de los Ángeles. Este es un aparato constituido por un tambor cilíndrico hueco de acero de 500 mm de longitud y 700 mm de diámetro aproximadamente, con su eje horizontal fijado a un dispositivo exterior que puede transmitirle un movimiento de rotación alrededor del eje. El tambor tiene una abertura para la introducción del material de ensayo y de la carga abrasiva; dicha abertura está provista de una tapa que debe reunir las siguientes condiciones:

Asegurar un cierre hermético que impida la pérdida del material y del polvo.

Tener la forma de la pared interna del tambor, excepto en el caso de que por la disposición de la pestaña que se menciona más abajo, se tenga certeza de que el material no puede tener contacto con la tapa durante el ensayo.

Tener un dispositivo de sujeción que asegure al mismo tiempo la fijación rígida de la tapa al tambor y su remoción fácil.

El tambor tiene fijada interiormente y a lo largo de una generatriz, una pestaña o saliente de acero que se proyecta radialmente, con un largo de 90 mm aproximadamente. Esta pestaña debe estar montada mediante pernos u otros medios que aseguren su firmeza y rigidez. La posición de la pestaña debe ser tal que la distancia de la misma hasta la abertura, medida sobre la pared del cilindro en dirección de la rotación, no sea menor de 1250 mm. La pestaña debe remplazarse con un perfil de hierro en ángulo fijado interiormente a la tapa de la boca de entrada, en cuyo caso el sentido de la rotación debe ser tal que la carga sea arrastrada por la cara exterior del ángulo.

Una carga abrasiva consiste en esfera de fundición o de acero de unos 48 mm de diámetro y entre 390 y 445 gramos de masa, cuya cantidad

[5] Disponible en: http://ensayosmatconst.blogspot.com/

depende del material que se ensaya, tal como se indica en la siguiente tabla [6].

Figura 11. Material después del Ensayo en la Máquina de los Ángeles

Objetivo. Determinar el porcentaje de desgaste de los agregados gruesos, por medio de la máquina de los Ángeles.

Equipo.

1. Máquina de desgaste de Los Ángeles

2. Tamices. De los siguientes tamaños: 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", Nº4, Nº8. Un tamiz Nº12 para el cálculo del desgaste

3. Esferas de acero. De 46.38 a 47.63 mm de diámetro de peso equivalente entre 390 a 445 gr.

4. Horno. Capaz de mantener una temperatura de 110±5 ºC

5. Balanza. Sensibilidad de 1.0 gr.

[6] MOSQUERA, Juan David. Método Marshall y granulometría. Agosto 25 de 2013: http://repository.unimilitar.edu.co.

Material y carga abrasiva a utilizar. La cantidad de material a ensayar y el número de esferas a incluir dependen de la granulometría del agregado grueso. Se utilizará la anterior tabla propuesta ASTM C-131

Procedimiento.

1. El material deberá ser lavado y secado en horno a una temperatura constante de 105 -110 °C, tamizadas según las mallas que se indican y mezcladas en las cantidades del método al que correspondan.

2. Pesar la muestra con precisión de 5 gr. para agregados gruesos de tamaños mayores a 3/4".

7.3 REGISTRÓ FOTOGRÁFICO DE COMPACTACIÓN CBR CON MEZCLAS DE EMULSIÓN

Figura 12. Vistas Preparación y mezcla de la emulsión asfáltica con el material extraído de la quebrada La Lucha.

Figura 13. Vistas compactación de la mezcla en el cilindro.

Figura 14. Vistas máquina Marshall para determinar estabilidad y flujo en las viguetas de asfalto.

8. ANÁLISIS COMPARATIVOS

8.1 DEL PRESUPUESTO DE MATERIAL ALUVIAL Y MATERIAL DE LA CANTERA VÍA NARIÑO PARA UN TRAMO VIAL DE 100 ML.

Cuadro 18. Mantenimiento de vía terciaria con afirmado.

Ítem	Descripción	Und	Cantidad	V/Unitario	V/Total
1	Preliminares				
1,1	Sum cinta visual con logotipo 300 m x 7,5 cm	Ml	100,00	450	45.000,00
1,2	Señalización de la obra	Glb	1,00	750.000	750.000,00
1,4	Replanteo de la obra	Ml	100,00	2400	240.000,00
2	Excavaciones				-
2,1	Excavación Hasta 3.0 M De Profundidad	M3	180,00	12000	2.160.000,00
3	Aplicación del afirmado				-
3,1	Relleno con material importado-afirmado compactado a máquina 85 % pm	M3	180,00	37000	6.660.000,00
4	Traslado de materiales				-
4,1	Cargue a mano, traslado y descargue y sobrantes (0-5 km)	M3	110,00	1200	132.000,00
5	Complementos				
5,1	Aseo general de la obra	Ml	100,00	1000	100.000,00
	Valor costo directo				10.087.000,00
A.I.U.	Administración		3%		302.610,00
	Imprevistos		2%		201.740,00
	Utilidad		5%		504.350,00
	IVA Sobre Utilidad		16%		80.696,00
	Valor Total De La Obra				11.176.396,00

Cuadro 19. Mantenimiento de vía terciaria con material aluvial de la quebrada La Lucha.

Ítem	Descripción	Und	Cantidad	V/Unitario	V/Total
1	Preliminares				
1,1	Sum Cinta Visual con Logotipo 300 m x 7,5 cm	Ml	100,00	450,00	45.000,00
1,2	Señalización de la obra	Glb	1,00	750.000,00	750.000,00
1,4	replanteo de la obra	Ml	100,00	2.400,00	240.000,00
1,5	Campamento para acopio y mezcla del material	Und	1,00	200.000,00	200.000,00
1,6	acopio de materia bulldozer d6	M3	180,00	12.500,00	2.250.000,00
1,7	mezcla del material con emulsión CRL-1	M3	180,00	8.000,00	1.440.000,00
1,8	Emulsión CRL-1	Kg	18,00	1.400,00	25.200,00
2	Excavaciones				
2,1	Excavación hasta 3.0 m de profundidad	M3	180,00	12.000,00	2.160.000,00
3	Aplicación del material aluvial-emulsión				
3,1	Relleno con material aluvial-compactado a máquina 85 % pm	M3	180,00	8.500,00	1.530.000,00
4	Traslado de materiales				-
4,1	Cargue a mano, traslado y descargue y sobrantes (0-5 km)	M3	110,00	1.200,00	132.000,00
5	Complementos				
5,1	Aseo general de la obra	Ml	100,00	1.000,00	100.000,00
	Valor costo directo				8.872.200,00
A.I.U.	Administración		3%		266.166,00
	Imprevistos		2%		177.444,00
	Utilidad		5%		443.610,00
	IVA Sobre Utilidad		16%		70.977,60
	Valor Total De La Obra				9.830.397,60

8.2 DEL PRESUPUESTO DE MATERIAL ALUVIAL Y MATERIAL DE LA CANTERA VÍA NARIÑO POR M3.

Cuadro 20. Presupuesto por M3 de material aluvial de la quebrada La Lucha.

Ítem	Descripción	Und	Cantidad	V/R Unitario	V/R Total
1	Bulldozer para acopio de material aluvial	M3	1	2.100,00	2.100,00
2	Retroexcavadora 75 hp para mezcla de material	M3	1	700,00	700,00
3	Emulsión crl-1 para estabilizar material	KG	1	1.400,00	1.400,00
4	Campamento para acopio y mezcla de material	M3	1	500,00	500,00
	Valor total por m3 del material aluvial				4.700,00

Cuadro 21. Presupuesto M3 de material vía Nariño afirmado puesto en obra municipio de Coello.

Ítem	Descripción	Und	Cantidad	V/R Unitario	V/R Total
1	Material importado-afirmado compactado	M3	1,00	35.000,00	35.000,00
	Valor total por m3 de material afirmado vía Nariño				35.000,00

8.3 COMPARATIVO

Por medio de estos comparativos se puede afirmar que gracias a este estudio del material estabilizado con emulsión asfáltica CRL-1 es muy beneficioso económicamente en cuanto afirmado para una vía terciaria en la zona rural del Municipio de Coello.

9. CONCLUSIONES

El material aluvial analizado en esta investigación no cumplió con los requisitos establecidos por la Norma INVÍAS 2013, En cuanto a la norma de afirmado se concluye lo siguiente:

Cuadro 22. Comparativo afirmado vs material según la norma.

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	RESULTADO MATERIAL	ESTADO
DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES (GRADACION A)	E - 218	50	51,2	NO CUMPLE
LIMITE LIQUIDO,MAXIMO (%)	E - 125	40	36,0	SI CUMPLE
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	E -125 Y E - 126	4 - 9	9,0	SI CUMPLE
CBR (%) SE MEDIRA SOBRE MUESTRAS SOMETIDAS PREVIAMENTE A CUATRO DIAS DE INMERSION	E - 148	≥15	18,2, 16,4, 19,1, 15,5.	SI CUMPLE
FRANJAS GRANULOMETRICAS DEL MATERIAL DE AFIRMADO	TIPO DE GRADACION A-38	REPORTAR	REPORTAR	NO CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA, MINIMO (%)	E - 133	REPORTAR	REPORTAR	NO CUMPLE
ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACION	E - 142	REPORTAR	REPORTAR	REPORTAR

Al hacer las mezclas del material granular de la quebrada la lucha con emulsión asfáltica CRL-1, en porcentajes de 5, 10,15, 20, 25, 30, 35 y 40 % de emulsión solo cumplen con las especificaciones de afirmado ART. 311-13 de CBR los porcentajes 15, 20, 25 y 30% los demás porcentajes no cumplen con las especificaciones establecidas. Donde gracias a estos laboratorios se puede determinar que el material de la quebrada "la lucha" adicionándole los porcentajes del 15, 20, 25, y 30% de emulsión se puede utilizar para el mejoramiento de las vías terciarias de la zona o veredas de la región.

NOTA: Anexos de resultados % por individual Pág. 92, 94,96 y 98.

Análisis relacionado con el material granular de la quebrada la lucha para base granular respecto a lo que exige la norma INVIAS 2013 se obtuvo los siguientes resultados donde principalmente se analiza la norma vs sus características:

Cuadro 23. Comparativo Sub-base granular vs material según la norma

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	RESULTADO MATERIAL	ESTADO
DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES (GRADACION A)	E - 218	50	51,2	NO CUMPLE
LIMITE LIQUIDO,MAXIMO (%)	E - 125	25	36,0	NO CUMPLE
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	E -125 Y E - 126	6	9,0	NO CUMPLE
CBR (%) SE MEDIRA SOBRE MUESTRAS SOMETIDAS PREVIAMENTE A CUATRO DIAS DE INMERSION	E - 148	≥30	8,6, 12,2, 18,2, 16,4 19,1, 15,5, 14,1, 11,7.	NO CUMPLE NO CUMPLE
FRANJAS GRANULOMETRICAS DEL MATERIAL DE SUB BASE GRANULAR	TIPO DE GRADACION SBG-50	REPORTAR	REPORTAR	SI CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA, MINIMO (%)	E - 133	25	16,0	NO CUMPLE
ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACION	E - 142	REPORTAR	REPORTAR	REPORTAR

Al hacer las mezclas del material granular de la quebrada la lucha con emulsión asfáltica CRL-1 en porcentaje de 5, 10, 15, 20. 25, 30, 35 y 40% no cumplen con las especificaciones de base granular clase C ART. 330-13.

NOTA: Anexos de resultados % por individual Pág. 88-102.

Analizando los resultados del laboratorio se recomienda realizar otros estudios para mejores resultados.

Análisis relacionado con el material granular de la quebrada la lucha para sub base granular respecto a lo que exige la norma INVIAS 2013 se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 24. Comparativo base granular vs material según la norma.

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	RESULTADO MATERIAL	ESTADO
DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES (GRADACION A)	E - 218	50	51,2	NO CUMPLE
LIMITE LIQUIDO, MAXIMO (%)	E - 125	25	36,0	NO CUMPLE
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	E-125 Y E - 126	6	9,0	NO CUMPLE
CBR (%) SE MEDIRA SOBRE MUESTRAS SOMETIDAS PREVIAMENTE A CUATRO DIAS DE INMERSION	E - 148	≥30	8,6, 12,2, 18,2, 16,4 19,1, 15,5, 14,1, 11,7.	NO CUMPLE NO CUMPLE
FRANJAS GRANULOMETRICAS DEL MATERIAL DE SUB BASE GRANULAR	TIPO DE GRADACION SBG-50	REPORTAR	REPORTAR	SI CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA, MINIMO (%)	E - 133	25	16,0	NO CUMPLE
ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACION	E - 142	REPORTAR	REPORTAR	REPORTAR

Al hacer las mezclas del material granular de la quebrada la lucha con emulsión asfáltica CRL-1 en porcentajes del 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40% no cumplen con las especificaciones de sub base granular clase c ART 320-13.

NOTA: Anexos de resultados % por individual Pág. 88-102.

10. RECOMENDACIONES

Con el fin de obtener un mejor conocimiento general o más amplio del comportamiento del material granular de la quebrada la lucha del municipio de Coello del departamento del Tolima con los porcentajes de la emulsión asfáltica CRL-1 aplicado en esta tesis, se recomienda realizar un estudio para los diferentes casos tales como cal y cemento.

Identificar las zonas de mayor concentración del material en la quebrada para realizar una medición para obtener cantidades del material que se pueda utilizar en las vías terciarias aledañas a la zona de influencia.

Es necesario dar la importancia que ameriten los estudios y diseños con el fin de garantizar que estos y los trabajos que se ejecutan en base a ellos se relacionen entre si y sea los más ajustados a la realidad.

Emplear emulsiones para estabilizaciones como una alternativa para evitar cierta profundización mejorando el coeficiente estructural de las capas que constituyen el pavimento, en este caso para mejorar el coeficiente estructural del afirmado.

Conocer los tipos y aplicaciones de las emulsiones que se encuentran en el mercado, porque cada día se están investigando nuevas formulaciones y usos que dan otras cualidades técnicas a este tipo de producto.

Aplicar la técnica de estabilización de materiales granulares con emulsión para la construcción vial por etapas, la cual además permite combinar materiales existentes en la vía terciaria a intervenir con el material aquí investigado.

Utilizar los materiales estabilizados con emulsión asfáltica garantiza seguridad y rendimiento técnico y económico aceptable, en cual será mayor mientras más cerca se encuentre de donde esté el material de la obra.

BIBLIOGRAFÍA

Lambe. W. y Whitman. R. mecánica de suelos {editorial} Limusa. 2004

Mecánica de suelos. Duque Escobar Universidad Nacional de Colombia, 2002.

http://www.construaprende.com/docs/tesis

uprm.edu/p/cemuprm/archivo_de_tesis

http://virtuotecacivil.webnode.com.co/

http://civilfree.blogspot.com.co/

www.tecnipavimentos.com.

(25 de Enero de 2006). Obtenido de https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ep/article/view/1999/1865.

CLAVIJO, H. A., ALZATE, M. A., & MANTILLA, L. (18 de Enero de 2014). Obtenido de http://www.pmicolombia.org/wp-content/uploads/2015/06/PMIBogota-Analisis-sobre-el-sector-de-infraestructura-en-Colombia.pdf.

MONTERO, A. (2013). *Ingeniería de Pavimentos.* Bogotá.

ANEXO A. AFIRMADO MATERIAL ALUVIAL LA LUCHA

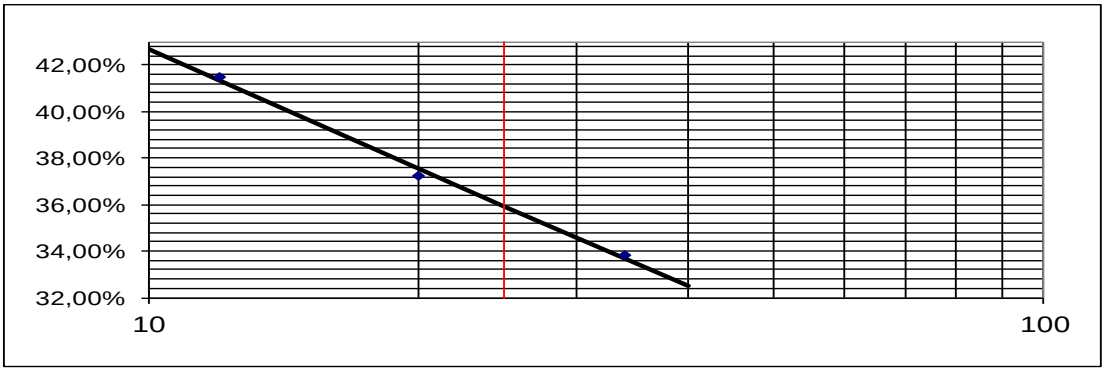
LIMITES DE ATTERBERG

MATERIAL: *MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA* FECHA: *NOVIEMBRE 09/2015*

NORMAS: **INV. E-125 Y 126 -2013 AFIRMADO ART.311** MUEST. Nº : *029*

CLIENTE:

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
ENSAYO No	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**
CAJA No	1	2	3	4	5
PESO SUELO HUMEDO + CAJA (gm)	137,23	141,34	140,14	117,73	116,45
PESO SUELO SECO + CAJA (gm)	130,34	132,89	131,00	115,78	115,00
PESO DE LA CAJA (gm)	109,98	110,21	108,96	108,58	109,54
PESO DE AGUA (gm)	6,89	8,45	9,14	1,95	1,45
PESO DEL SUELO SECO (gm)	20,36	22,68	22,04	7,2	5,46
CONTENIDO DE HUMEDAD = W %	34%	37%	41%	27%	27%
NUMEROS DE GOLPES	34	20	12		



LIMITE LIQUIDO	36%
LIMITE PLASTICO	27%
INDICE DE PLASTICIDAD	9%

Observaciones

Calculo Reviso

RESISTENCIA DE LOS AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES INV.E-218-13

DESCRIPCION: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA

No DE MUESTRA: 029

FECHA: NOVIEMBRE 09/2015

CLIENTE:

NORMA: INVIAS 2013. INV.E-218-13 AFIRMADO ART.311

PRUEBA No	1	2	3	4	PROMEDIO
GRADACION USADA	A	A			
No DE ESFERAS	12	12			
No DE REVOLUCIONES	100	500			
PESO MUESTRA SECA ANTES DE ENSAYO	5000,0	5000,0			
PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO	2485,0	2500,0			
PESO PERDIDA	2565,0	2550,0			
% DE DESGASTE	51,3	51,0			51,2

DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

TAMAÑOS		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA (Grs)					
PASA	RETIENE	**A**	B	C	D	E	F
3¨	2-1/2¨					2500	
2-1/2¨	2¨					2500	
2¨	1-1/2¨					5000	5000
1-1/2¨	1¨	**1250**					5000
1¨	3/4¨	**1250**					
3/4¨	1/2¨	**1250**	2500				
1/2¨	3/8¨	**1250**	2500				
3/8¨	1/4¨			2500			
1/4¨	No 4			2500			
No 4	No 8				5000		
TOTAL MUESTRA		**5000**	5000	5000	5000	10000	10000
No DE REVOLUCIONES		**500**	500	500	500	1000	1000
No DE ESFERAS		**12**	11	8	6	12	12

OBSERVACIONES:

LABORATORISTA

JEFE DE LABORATORIO

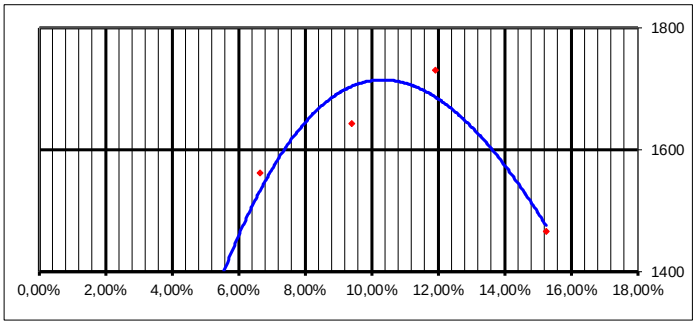
PROCTOR MODIFICADO INV.E- 142-13

DESCRIPCION	***MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA***
No DE MUESTRA	***029***
FECHA DE ENSAYO	***NOVIEMBRE 09/2015***
CLIENTE	

DENSIDADES						
	1	2	3	4	5	6
(PM+SC) Peso molde mas suelo	9065	9345	9645	9115		
(PM) Peso molde (gr)	5485	5485	5485	5485		
(PS) Peso suelo compactado (gr)	3580	3860	4160	3630		
Volumen del molde (cm3)	2149	2149	2149	2149		
Densidad Humeda (kg/m^3)	1666	1796	1936	1689		
Densidad Seca (kg/m^3)	1562	1642	1730	1466		

PROCEDIMIENTO		
Método	**A.A.S.H.T.O**	
Molde	6" de Diametro	
Martillo	10	Libras
Pasa	3/4¨	
No. de golpes por	56	
No. de Capas	5	

DETERMINACION DE HUMEDAD												
	1		2		3		4		5		6	
(PSH+T) Peso suelo humedo mas tara	429,35	268,80	400,00	213,24	538,00	304,00	570,00	478,00				
(PSS+T) Peso suelo seco mas tara (gr)	409,56	258,64	374,86	204,96	493,21	284,12	509,32	429,00				
(PT) Peso tara (gr)	109,80	107,60	109,10	116,20	116,20	117,90	110,90	108,20				
(PSH) Peso suelo humedo (gr)	319,55	161,20	290,90	97,04	421,80	186,10	459,10	369,80				
(PSS) Peso suelo seco (gr)	299,76	151,04	265,76	88,76	377,01	166,22	398,42	320,80	-			
(Hw%) Humedad	6,60%	6,73%	9,46%	9,33%	11,88%	11,96%	15,23%	15,27%				
(Hw) Promedio	6,66%		9,39%		11,92%		15,25%					



HUMEDAD OPTIMA	11.5	%
PESO UNITARIO MAXIMO	1,730	Kg/m3

OBSERVACIONES

CALCULO: _____ **REVISO:** _____

MATERIAL: ***MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA*** **FECHA:** ***NOVIEMBRE 09/2015***

NORMA: **INV E-133-13. ART.311 AFIRMADO** **MUESTRA N°:** 029

CLIENTE:

PUNTO	LECTURA		EQUIVALENTE DE ARENA
	ARCILLA	ARENA	
1	152	25	16,4
2	150	24	16,0
3	151	25	16,6
Prom.			**16,33**

EQUIVALENTE DE ARENA **16** **%**

OBSERVACIONES

ELABORO:

REVISO:

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA

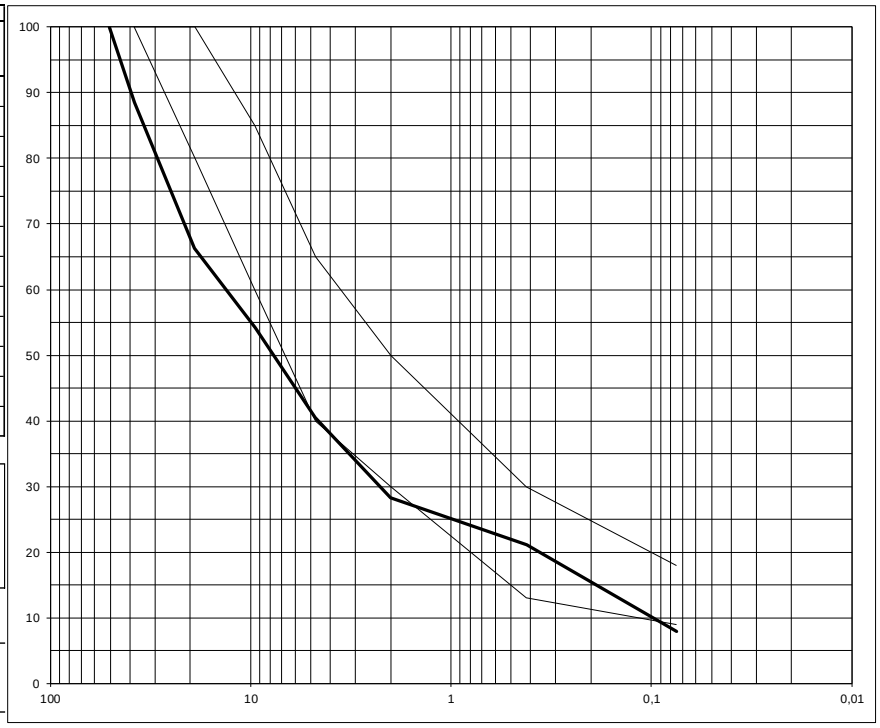
DESCRIPCION: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA
No DE MUESTRA: 029
FECHA: NOVIEMBRE 09/2015

ESPECIFICACION				MUESTRA
Tamiz	mm.	Limites De La Norma		
US Standard		ARIRMADO A-38-2013		%que pasa
2"	50,8			100,0
1-1/2"	38,1	100	100	88,5
3/4"	19,0	80	100	66,3
3/8"	9,5	60	85	54,2
No 4	4,75	40	65	40,4
No 10	2,00	30	50	28,2
No 40	0,42	13	30	21,2
No 200	0,08	9	18	7,9

OBSERVACIONES

Calculo

Reviso



ENSAYO DE GRANULOMETRIA. A-38

TIPO DE MATERIAL: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA
No DE MUESTRA: 029
FECHA DE ENSAYO: NOVIEMBRE 09/2015
CLIENTE:
NORMA: INVIAS. ARTICULO 311- 2013 AFIRMADO. A-38

PESO INICIAL (Grs):		3609,7		PESO FINAL (Grs):		3131,2	
TAMIZ						Rangos %Pasa Norma	
Pulgadas	Milimetros	Peso Ret.	%Ret.	%Ret.Acum.	%Pasa	Minimo	Maximo
2¨	***50,8***	***0,0***	***0,0***	***0,0***	***100,0***	***0***	***0***
1-1/2¨	***38,1***	***415,2***	***11,5***	***11,5***	***88,5***	***100***	***100***
3/4¨	***19***	***800,9***	***22,2***	***22,2***	***66,3***	***80***	***100***
3/8¨	***9,5***	***285,4***	***7,9***	***30,1***	***54,2***	***60***	***85***
No 4	***4,75***	***435,6***	***12,1***	***42,2***	***40,4***	***40***	***65***
No 10	***2,00***	***498,0***	***13,8***	***56,0***	***28,2***	***30***	***50***
No 40	***0,42***	***440,5***	***12,2***	***68,2***	***21,2***	***13***	***30***
No 200	***0,075***	***255,6***	***7,1***	***75,2***	***7,9***	***9***	***18***
Pasa 200 Total		***478,5***	***13,3***	***88,5***			

OBSERVACIONES:

CALCULO

REVISO

ANEXO B. BASE GRANULAR

LIMITES DE ATTERBERG

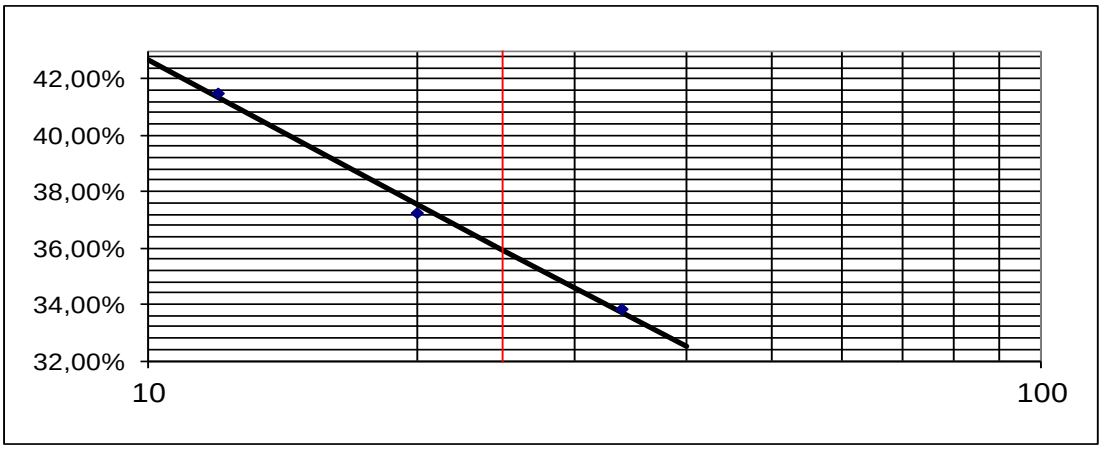
CAYTO TRACTOR S.A.S

MATERIAL: *MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA* FECHA: *NOVIEMBRE 09/2015*

NORMAS: *INV. E-125 Y 126 - 2013. BASE GRANULAR ART.330* MUEST. Nº : *029*

CLIENTE:

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
ENSAYO No	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**
CAJA No	1	2	3	4	5
PESO SUELO HUMEDO + CAJA (gm)	137,23	141,34	140,14	117,73	116,45
PESO SUELO SECO + CAJA (gm)	130,34	132,89	131,00	115,78	115,00
PESO DE LA CAJA (gm)	109,98	110,21	108,96	108,58	109,54
PESO DE AGUA (gm)	6,89	8,45	9,14	1,95	1,45
PESO DEL SUELO SECO (gm)	20,36	22,68	22,04	7,2	5,46
CONTENIDO DE HUMEDAD = W %	34%	37%	41%	27%	27%
NUMEROS DE GOLPES	34	20	12		



LIMITE LIQUIDO	36%
LIMITE PLASTICO	27%
INDICE DE PLASTICIDAD	9%

Observaciones

Calculo Reviso

RESISTENCIA DE LOS AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES INV.E-218-13

DESCRIPCION: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA

No DE MUESTRA: 029

FECHA: NOVIEMBRE 09/2015

CLIENTE:

NORMA: INVIAS 2013. INV.E-218-13 BASE GRANULAR

PRUEBA No	1	2	3	4	PROMEDIO
GRADACION USADA	A	A			
No DE ESFERAS	12	12			
No DE REVOLUCIONES	100	500			
PESO MUESTRA SECA ANTES DE ENSAYO	5000,0	5000,0			
PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO	2485,0	2500,0			
PESO PERDIDA	2565,0	2550,0			
% DE DESGASTE	51,3	51,0			51,2

DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

TAMAÑOS		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA (Grs)					
PASA	RETIENE	**A**	B	C	D	E	F
3¨	2-1/2¨					2500	
2-1/2¨	2¨					2500	
2¨	1-1/2¨					5000	5000
1-1/2¨	1¨	**1250**					5000
1¨	3/4¨	**1250**					
3/4¨	1/2¨	**1250**	2500				
1/2¨	3/8¨	**1250**	2500				
3/8¨	1/4¨			2500			
1/4¨	No 4			2500			
No 4	No 8				5000		
TOTAL MUESTRA		**5000**	5000	5000	5000	10000	10000
No DE REVOLUCIONES		**500**	500	500	500	1000	1000
No DE ESFERAS		**12**	11	8	6	12	12

OBSERVACIONES:

LABORATORISTA

JEFE DE LABORATORIO

CAYTO TRACTOR S.A.S

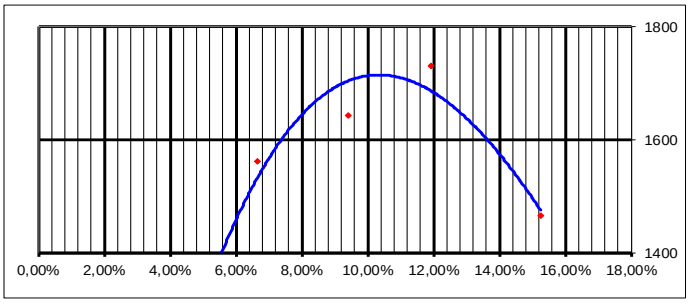
PROCTOR MODIFICADO INV.E-142-13

DESCRIPCION	***MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA***
No DE MUESTRA	***029***
FECHA DE ENSAYO	***NOVIEMBRE 09/2015***
CLIENTE	

DENSIDADES	1	2	3	4	5	6
(PM+SC) Peso molde mas suelo	9065	9345	9645	9115		
(PM) Peso molde (gr)	5485	5485	5485	5485		
(PS) Peso suelo compactado (gr)	3580	3860	4160	3630		
Volumen del molde (cm3)	2149	2149	2149	2149		
Densidad Humeda (kg/m^3)	1666	1796	1936	1689		
Densidad Seca (kg/m^3)	1562	1642	1730	1466		

PROCEDIMIENTO		
Método	**A.A.S.H.T.O**	
Molde	6" de Diametro	
Martillo	10	Libras
Pasa	3/4¨	
No. de golpes por	56	
No. de Capas	5	

DETERMINACION DE HUMEDAD	1		2		3		4		5		6	
(PSH+T) Peso suelo humedo mas tara	429,35	268,80	400,00	213,24	538,00	304,00	570,00	478,00				
(PSS+T) Peso suelo seco mas tara (gr)	409,56	258,64	374,86	204,96	493,21	284,12	509,32	429,00				
(PT) Peso tara (gr)	109,80	107,60	109,10	116,20	116,20	117,90	110,90	108,20				
(PSH) Peso suelo humedo (gr)	319,55	161,20	290,90	97,04	421,80	186,10	459,10	369,80				
(PSS) Peso suelo seco (gr)	299,76	151,04	265,76	88,76	377,01	166,22	398,42	320,80	-			
(Hw%) Humedad	6,60%	6,73%	9,46%	9,33%	11,88%	11,96%	15,23%	15,27%				
(Hw) Promedio	6,66%		9,39%		11,92%		15,25%					



HUMEDAD OPTIMA	11.5	%
PESO UNITARIO MAXIMO	1,730	Kg/m3

OBSERVACIONES

CALCULO: _____ **REVISO:** _____

CAYTO TRACTOR S.A.S

MATERIAL: ***MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA*** **FECHA:** ***NOVIEMBRE 09/2015***

NORMA: **INV E-133-13. BASE GRANULAR** **MUESTRA N°:** 029

CLIENTE:

PUNTO	LECTURA		EQUIVALENTE DE ARENA
	ARCILLA	ARENA	
1	152	25	16,4
2	150	24	16,0
3	151	25	16,6
Prom.			**16,33**

EQUIVALENTE DE ARENA **16** **%**

OBSERVACIONES

ELABORO:

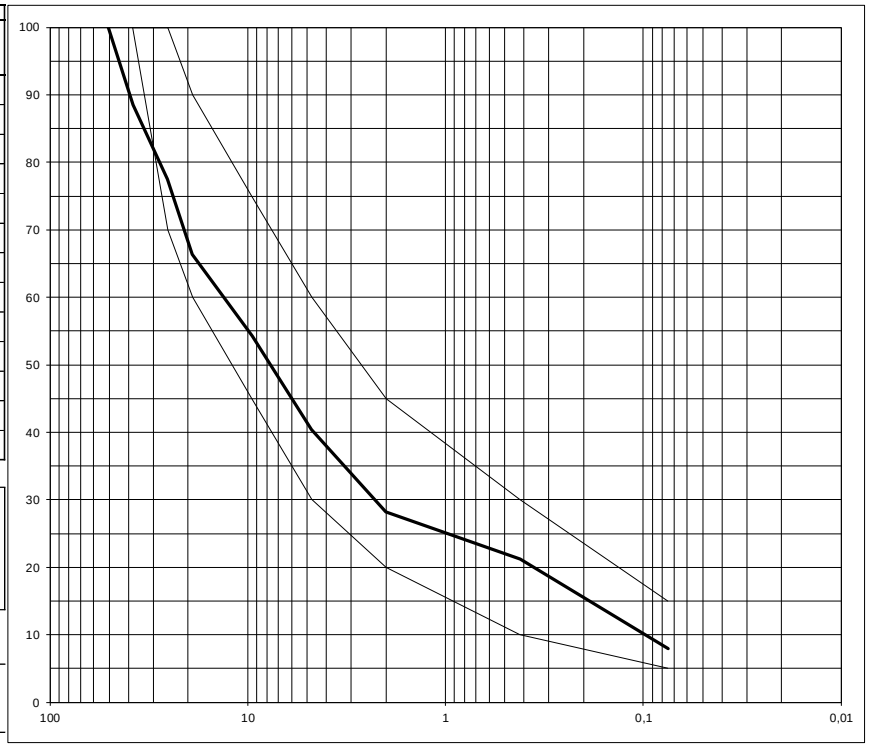
REVISO:

CAYTO TRACTOR S.A.S

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA

DESCRIPCION: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA
No DE MUESTRA: 029
FECHA: NOVIEMBRE 09/2015

ESPECIFICACION				MUESTRA
Tamiz	mm.	Limites De La Norma		% que pasa
US Standard		BASE GRAN. BG-38-2013		
2"	50,8			100,0
1-1/2"	38,1	100	100	88,5
1"	25,4	70	100	77,5
3/4"	19,0	60	90	66,3
3/8"	9,5	45	75	54,2
No 4	4,75	30	60	40,4
No 10	2,00	20	45	28,2
No 40	0,42	10	30	21,2
No 200	0,08	5	15	7,9



OBSERVACIONES

Calculo

Reviso

CAYTO TRACTOR S.A.S

ENSAYO DE GRANULOMETRIA. BG-38

TIPO DE MATERIAL: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA

No DE MUESTRA: 029

FECHA DE ENSAYO: NOVIEMBRE 09/2015

CLIENTE:

NORMA: INVIAS. ARTICULO 330- 2013 BASE GRANULAR BG-38

CLASE C

PESO INICIAL (Grs):		3609,7		PESO FINAL (Grs):		3131,2	
TAMIZ						Rangos %Pasa Norma	
Pulgadas	Milimetros	Peso Ret.	%Ret.	%Ret.Acum.	%Pasa	Minimo	Maximo
2¨	50,8	0,0	0,0	0,0	100,0	0	0
1-1/2¨	38,1	415,2	11,5	11,5	88,5	100	100
1¨	25,4	398,4	11,0	22,5	77,5	70	100
3/4¨	19	402,5	11,2	33,7	66,3	60	90
3/8¨	9,5	285,4	7,9	41,6	54,2	45	75
No 4	4,75	435,6	12,1	53,7	40,4	30	60
No 10	2,00	498,0	13,8	67,5	28,2	20	45
No 40	0,42	440,5	12,2	79,7	21,2	10	30
No 200	0,075	255,6	7,1	86,7	7,9	5	15
Pasa 200 Total		478,5	13,3	100,0			

OBSERVACIONES:

CALCULO

REVISO

ANEXO C. BASE GRANULAR VS MATERIAL SEGÚN LA NORMA.

CAYTO TRACTOR S.A.S

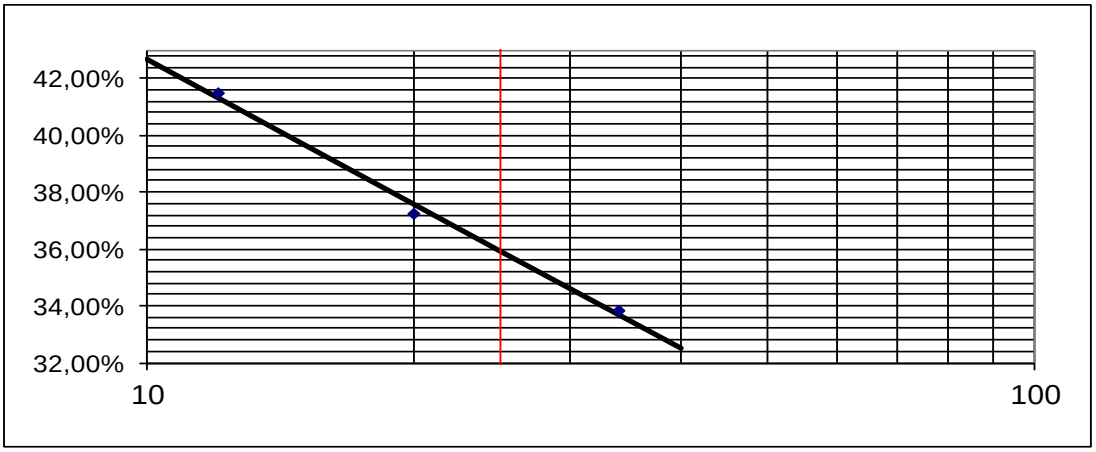
LIMITES DE ATTERBERG

I ATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA FECHA: NOVIEMBRE 09/2015

NORMAS: INV. E-125 Y 126 - 2013. SUB BASE GRANULAR ART.320 MUEST. Nº : 029

CLIENTE:

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
ENSAYO No	1	2	3	1	2
CAJA No	1	2	3	4	5
PESO SUELO HUMEDO + CAJA (gm)	137,23	141,34	140,14	117,73	116,45
PESO SUELO SECO + CAJA (gm)	130,34	132,89	131,00	115,78	115,00
PESO DE LA CAJA (gm)	109,98	110,21	108,96	108,58	109,54
PESO DE AGUA (gm)	6,89	8,45	9,14	1,95	1,45
PESO DEL SUELO SECO (gm)	20,36	22,68	22,04	7,2	5,46
CONTENIDO DE HUMEDAD = W %	34%	37%	41%	27%	27%
NUMEROS DE GOLPES	34	20	12		



LIMITE LIQUIDO	36%
LIMITE PLASTICO	27%
INDICE DE PLASTICIDAD	9%

Observaciones

Calculo

Reviso

CAYTO TRACTOR S.A.S

RESISTENCIA DE LOS AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES INV.E-218-13

DESCRIPCION: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA

No DE MUESTRA: 029

FECHA: NOVIEMBRE 09/2015

CLIENTE:

NORMA: INVIAS 2013. INV.E-218-13 SUB BASE GRANULAR

PRUEBA No	1	2	3	4	PROMEDIO
GRADACION USADA	A	A			
No DE ESFERAS	12	12			
No DE REVOLUCIONES	100	500			
PESO MUESTRA SECA ANTES DE ENSAYO	5000,0	5000,0			
PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO	2485,0	2500,0			
PESO PERDIDA	2515,0	2500,0			
% DE DESGASTE	50,3	50,0			50,2

DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

TAMAÑOS		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA (Grs)					
PASA	RETIENE	**A**	B	C	D	E	F
3¨	2-1/2¨					2500	
2-1/2¨	2¨					2500	
2¨	1-1/2¨					5000	5000
1-1/2¨	1¨	**1250**					5000
1¨	3/4¨	**1250**					
3/4¨	1/2¨	**1250**	2500				
1/2¨	3/8¨	**1250**	2500				
3/8¨	1/4¨			2500			
1/4¨	No 4			2500			
No 4	No 8				5000		
TOTAL MUESTRA		**5000**	5000	5000	5000	10000	10000
No DE REVOLUCIONES		**500**	500	500	500	1000	1000
No DE ESFERAS		**12**	11	8	6	12	12

OBSERVACIONES:

LABORATORISTA

JEFE DE LABORATORIO

CAYTO TRACTOR S.A.S

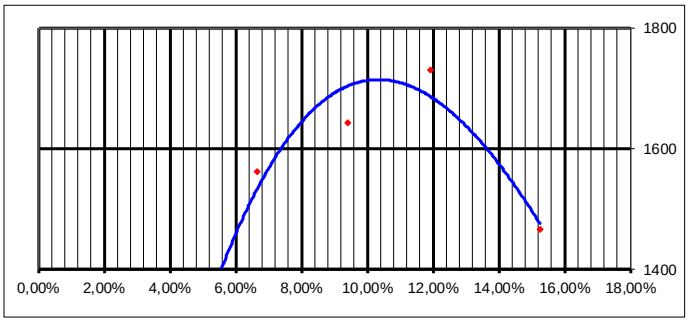
PROCTOR MODIFICADO INV. E-142-13

DESCRIPCION	***MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA***
No DE MUESTRA	***029***
FECHA DE ENSAYO	***NOVIEMBRE 09/2015***
CLIENTE	

DENSIDADES						
	1	2	3	4	5	6
(PM+SC) Peso molde mas suelo	9065	9345	9645	9115		
(PM) Peso molde (gr)	5485	5485	5485	5485		
(PS) Peso suelo compactado (gr)	3580	3860	4160	3630		
Volumen del molde (cm3)	2149	2149	2149	2149		
Densidad Humeda (kg/m^3)	1666	1796	1936	1689		
Densidad Seca (kg/m^3)	1562	1642	1730	1466		

PROCEDIMIENTO	
Método	**A.A.S.H.T.O**
Molde	6" de Diametro
Martillo	10 Libras
Pasa	3/4¨
No. de golpes por	56
No. de Capas	5

DETERMINACION DE HUMEDAD												
	1		2		3		4		5		6	
(PSH+T) Peso suelo humedo mas tara	429,35	268,80	400,00	213,24	538,00	304,00	570,00	478,00				
(PSS+T) Peso suelo seco mas tara (gr)	409,56	258,64	374,86	204,96	493,21	284,12	509,32	429,00				
(PT) Peso tara (gr)	109,80	107,60	109,10	116,20	116,20	117,90	110,90	108,20				
(PSH) Peso suelo humedo (gr)	319,55	161,20	290,90	97,04	421,80	186,10	459,10	369,80				
(PSS) Peso suelo seco (gr)	299,76	151,04	265,76	88,76	377,01	166,22	398,42	320,80	-			
(Hw%) Humedad	6,60%	6,73%	9,46%	9,33%	11,88%	11,96%	15,23%	15,27%				
(Hw) Promedio	6,66%		9,39%		11,92%		15,25%					



HUMEDAD OPTIMA	11.5	%
PESO UNITARIO MAXIMO	1,730	Kg/m3

OBSERVACIONES

CALCULO: _____ **REVISO:** _____

CAYTO TRACTOR S.A.S

MATERIAL: ***MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA*** **FECHA:** ***NOVIEMBRE 09/2015***

NORMA: **INV. E-133-13 SUB BASE GRANULAR** **MUESTRA Nº:** ***029***

CLIENTE:

PUNTO	LECTURA		EQUIVALENTE DE ARENA
	ARCILLA	ARENA	
1	152	25	16,4
2	150	24	16,0
3	151	25	16,6
Prom.			**16,33**

EQUIVALENTE DE ARENA **16** **%**

OBSERVACIONES

ELABORO:

REVISO:

CAYTO TRACTOR S.A.S

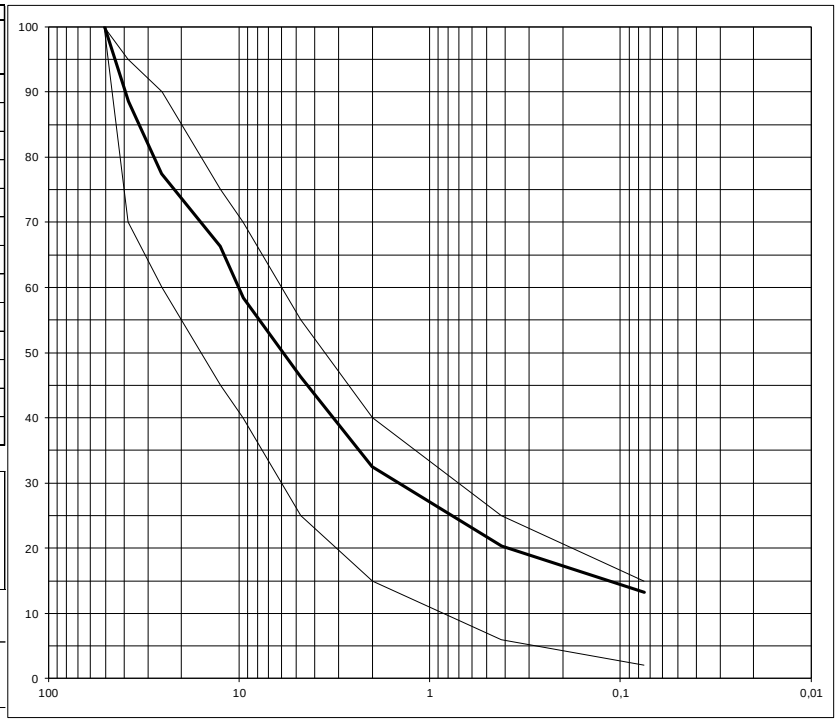
CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA

DESCRIPCION: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA

No DE MUESTRA: 029

FECHA: NOVIEMBRE 09/2015

ESPECIFICACION				MUESTRA
Tamiz US Standard	mm.	Limites De La Norma SUB BASE GRAN. SBG-50- 2013		% que pasa
2"	50,8	100	100	100,0
1-1/2"	38,1	70	95	88,5
1"	25,4	60	90	77,5
1/2"	12,5	45	75	66,3
3/8"	9,5	40	70	58,4
No 4	4,75	25	55	46,3
No 10	2,00	15	40	32,5
No 40	0,42	6	25	20,3
No 200	0,075	2	15	13,3



OBSERVACIONES

Calculo

Reviso

ENSAYO DE GRANULOMETRIA. SBG-50

TIPO DE MATERIAL: MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA

No DE MUESTRA: 029

FECHA DE ENSAYO: NOVIEMBRE 09/2015

CLIENTE:

NORMA: INVIAS. ARTICULO 320- 2013 SUB BASE GRANULAR SBG-50

CLASE C

PESO INICIAL (Grs):		3609,7		PESO FINAL (Grs):		3131,2	
TAMIZ						Rangos %Pasa Norma	
Pulgadas	Milimetros	Peso Ret.	%Ret.	%Ret.Acum.	%Pasa	Minimo	Maximo
2¨	50,8	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100
1-1/2¨	38,1	415,2	11,5	11,5	88,5	70	95
1¨	25,4	398,4	11,0	22,5	77,5	60	90
1/2¨	12,5	402,5	11,2	33,7	66,3	45	75
3/8¨	9,5	285,4	7,9	41,6	58,4	40	70
No 4	4,75	435,6	12,1	53,7	46,3	25	55
No 10	2,00	498,0	13,8	67,5	32,5	15	40
No 40	0,42	440,5	12,2	79,7	20,3	6	25
No 200	0,075	255,6	7,1	86,7	13,3	2	15
Pasa 200 Total		478,5	13,3	100,0			

OBSERVACIONES:

CALCULO

REVISO

ANEXO D. ENSAYO DE COMPACTACIÓN EN SUELO, INVE-142-13, MEZCLA MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA, CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRL-1 DEL 5% AL 40%

Universidad Piloto de Colombia	***ENSAYO DE COMPACTACIÓN EN SUELO***	Código:	F-13-21
		Versión:	0
	INV E-142-13	Fecha:	12/12/2011

Descripción:	***MEZCLA MATERIAL QUEBRADA LA LUCHA 95%, Y EMULSION ASFALTICA 5%***			**F. Toma:**	***02/12/2015***
Muestra No.:	**001**	***306323***	**Localización:** ***LABORATORIO***	**F. Ensayo:**	***02/12/2015***

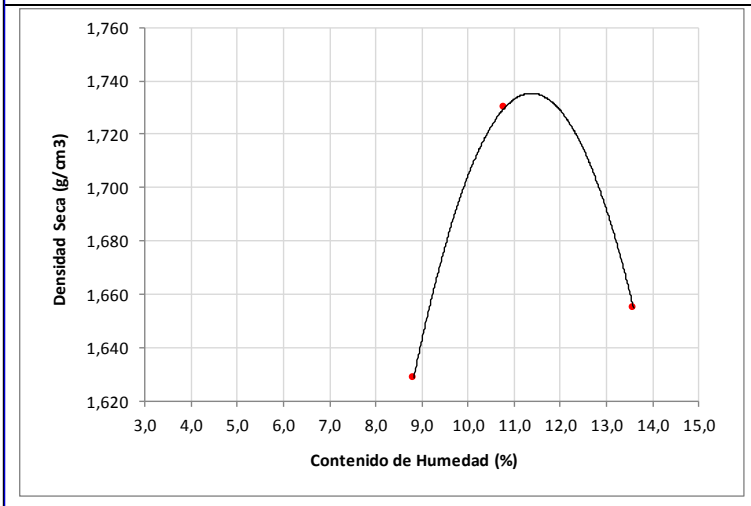
DENSIDAD SECA

PRUEBA	**1**	**2**	**3**	
No. de Golpes por capa.	55	55	55	
Molde No.	1	1	1	
No. de Capas	5	5	5	
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11242	11550	11471	
Peso molde, (g).	7483	7483	7483	
Peso muestra húmeda, (g).	3759	4067	3988	
Volumen molde, (cm3)	2121,4	2121,4	2121,4	
Densidad muestra húmeda, (gr/cm3)	1,772	1,917	1,880	
Densidad muestra seca, (gr/cm3)	1,628	1,730	1,655	

HUMEDAD

Recipiente No.	1	2	3	
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	443,5	448,4	415,5	
Peso rec. + Muestra Seca (g).	410,0	407,6	369,2	
Peso Recipiente (g).	30,1	30,1	28,3	
Contenido de Humedad (%)	8,8	10,8	13,6	

CURVA PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO	
DENSIDAD MAXIMA	1,735 g/cm3
HUMEDAD OPTIMA	11 %
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4".	%

OBSERVACIONES:

	REALIZÓ		**REVISÓ**
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE LABORATORIO
FIRMA			

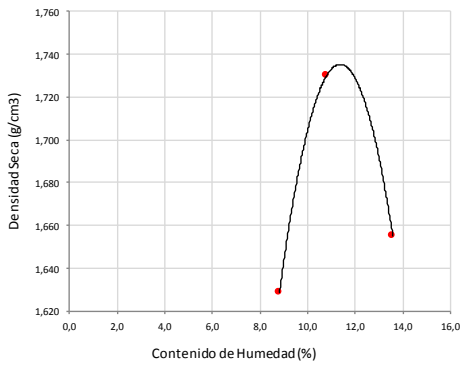
Universidad Piloto de Colombia	**RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN LABORATORIO** *INV. E-148-13*	Código: F-13-7 Versión: 3 Fecha: 01/09/2012

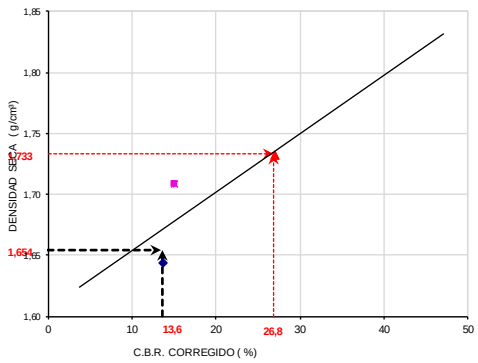
Descripción:	MEZCLA MATERIAL DE LA QUEBRADA LA LUCHA + EMULSION ASFALTICA CRL-1 EN PROORCION (95% MATERIAL GRANULAR Y 5% DE EMULSION)			**F. Toma:**	***02/12/2015***
Muestra No.:	***001***	***306323***	**Localización:**	***LABORATORIO***	**F. Ensayo:** ***06/12/2015***

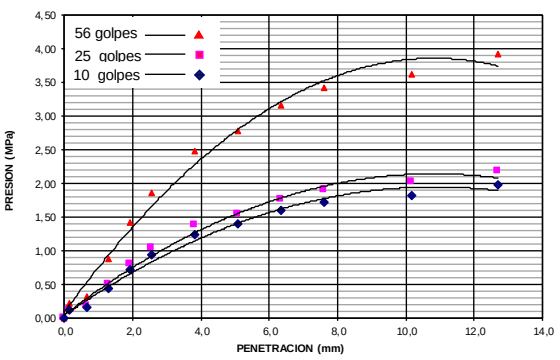
ENSAYO	**COMPACTACIÓN PROCTOR INV. E-141, 142-07**				**COMPACTACION CBR INV. E-148-07**		
DETERMINACIÓN	1	2	3	4	1	2	3
No. de Golpes	55	55	55		56	25	10
Molde No.	1	1	1		CBR09	CBR08	CBR07
No. de Capas	5	5	5		5	5	5
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11242	11550	11471		11503	11403	11107
Peso molde, (g)..	7483	7483	7483		7394	7289	7234
Peso muestra húmeda, (g).	3759	4067	3988		4109	4114	3873
Volumen molde, cm3.	2121,4	2121,4	2121,4		2133,0	2170,0	2123,0
Densidad muestra húmeda, gr/cm³	1,772	1,917	1,880		1,926	1,896	1,824
Densidad muestra seca, gr/cm³	1,628	1,730	1,655		1,733	1,709	1,644

HUMEDAD	**COMPACTACION PROCTOR**				**COMPACTACION CBR**		
Recipiente No.	1	2	3		1	2	3
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	443,5	448,4	415,5		385,0	373,0	373,9
Peso rec. + Muestra Seca (g).	410,0	407,6	369,2		350,2	339,2	340,4
Peso Recipiente (g).	30,1	30,1	28,3		39,0	30,9	34,4
Contenido de Humedad (%)	8,8	10,8	13,6		11,2	11,0	10,9

No. DE GOLPES		56		25		10	
Molde No.		CBR09		CBR08		CBR07	
Días de inmersión		4		4		4	
Expansión (%)		1,66		1,40		1,11	
PENETRACIÓN		**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**
0,000 mm	*0,000 pulg*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,127 mm	*0,01 pulg*	0,5 kN	0,2 MPa	0,2 kN	0,1 MPa	0,2 kN	0,1 MPa
0,635 mm	*0,03 pulg*	0,6 kN	0,3 MPa	0,4 kN	0,2 MPa	0,3 kN	0,2 MPa
1,270 mm	*0,05 pulg*	1,8 kN	0,9 MPa	1,0 kN	0,5 MPa	0,9 kN	0,4 MPa
1,905 mm	*0,08 pulg*	2,9 kN	1,4 MPa	1,6 kN	0,8 MPa	1,5 kN	0,7 MPa
2,540 mm	*0,10 pulg*	3,8 kN	1,9 MPa	2,1 kN	1,0 MPa	1,9 kN	0,9 MPa
3,810 mm	*0,15 pulg*	5,0 kN	2,5 MPa	2,8 kN	1,4 MPa	2,5 kN	1,2 MPa
5,080 mm	*0,20 pulg*	5,7 kN	2,8 MPa	3,1 kN	1,5 MPa	2,9 kN	1,4 MPa
6,350 mm	*0,25 pulg*	6,4 kN	3,2 MPa	3,6 kN	1,8 MPa	3,2 kN	1,6 MPa
7,620 mm	*0,30 pulg*	6,9 kN	3,4 MPa	3,9 kN	1,9 MPa	3,5 kN	1,7 MPa
10,160 mm	*0,40 pulg*	7,4 kN	3,6 MPa	4,1 kN	2,0 MPa	3,7 kN	1,8 MPa
12,700 mm	*0,50 pulg*	7,9 kN	3,9 MPa	4,4 kN	2,2 MPa	4,0 kN	2,0 MPa
Humedad de penetración		12,2		12,5		12,8	







RESULTADOS DEL ENSAYO					
PROCTOR		**No. DE GOLPES**	**56**	**25**	**10**
DENSIDAD MAXIMA, g/cm³	1,735	**CBR CORREGIDA A 0,1"**	27,1	15,0	13,7
HUMEDAD OPTIMA, %	11	**CBR CORREGIDA A 0,2"**	27,1	15,0	13,7
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4", %		**SOPORTE AL 100%**	8,8	**AL 95%**	***8,6***

ESPECIFICACIÓN	**ELABORÓ**		**REVISO**
FALSO			
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE DE LABORATORIO
FIRMA			

Universidad Piloto de Colombia	***ENSAYO DE COMPACTACIÓN EN SUELO*** *INV E-142-13*	Código: F-13-21 Versión: 0 Fecha: 12/12/2011

Descripción:	***MEZCLA MATERIAL QUEBRADA LA LUCHA 90%, Y EMULSION ASFALTICA 10%***				**F. Toma:**	***02/12/2015***
Muestra No.:	**002**	**306324**	**Localización:**	***LABORATORIO***	**F. Ensayo:**	***02/12/2015***

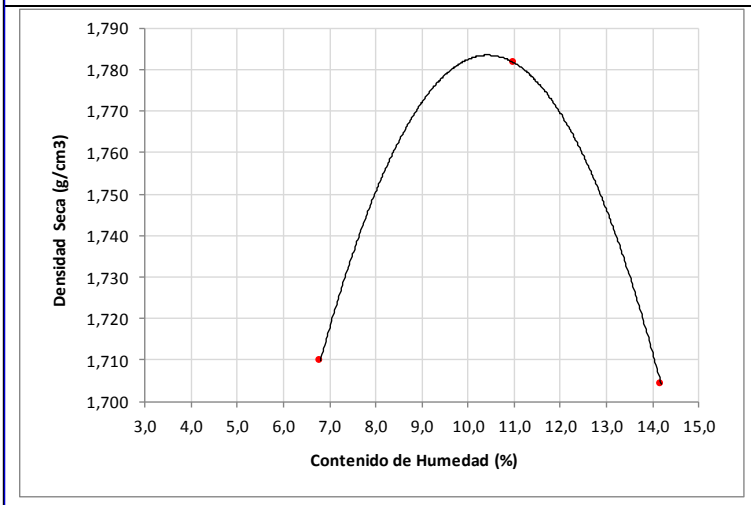
DENSIDAD SECA

PRUEBA	**1**	**2**	**3**	
No. de Golpes por capa.	55	55	55	
Molde No.	1	1	1	
No. de Capas	5	5	5	
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11357	11678	11611	
Peso molde, (g).	7483	7483	7483	
Peso muestra húmeda, (g).	3874	4195	4128	
Volumen molde, (cm3)	2121,4	2121,4	2121,4	
Densidad muestra húmeda, (gr/cm3)	1,826	1,977	1,946	
Densidad muestra seca, (gr/cm3)	1,710	1,782	1,704	

HUMEDAD

Recipiente No.	1	2	3	
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	433,7	442,1	415,5	
Peso rec. + Muestra Seca (g).	408,2	401,3	367,4	
Peso Recipiente (g).	33,1	30,1	28,3	
Contenido de Humedad (%)	6,8	11,0	14,2	

CURVA PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO	
DENSIDAD MAXIMA	1,783 g/cm3
HUMEDAD OPTIMA	10 %
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4".	%

OBSERVACIONES:

	REALIZÓ		**REVISÓ**
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE LABORATORIO
FIRMA			

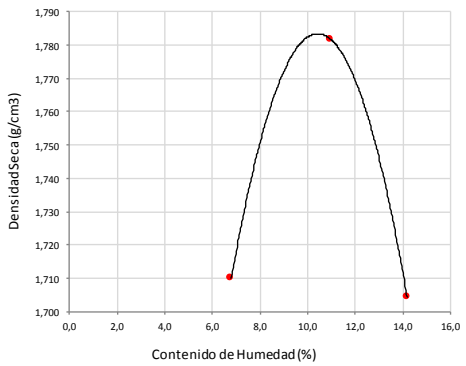
Universidad Piloto de Colombia	**RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN LABORATORIO** *INV. E-148-13*	Código: F-13-7 Versión: 3 Fecha: 01/09/2012

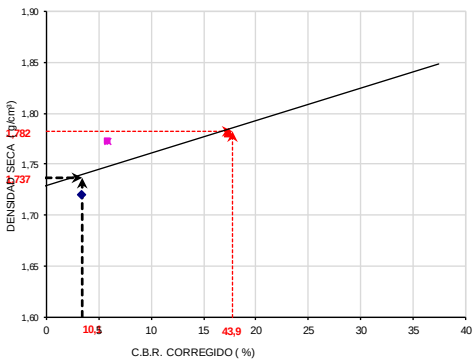
Descripción:	MEZCLA MATERIAL DE LA QUEBRADA LA LUCHA + EMULSION ASFALTICA CRL-1 EN PROORCION (90% MATERIAL GRANULAR Y 10% DE EMULSION)			**F. Toma:**	***02/12/2015***
Muestra No.:	***002***	***306324***	**Localización:**	***LABORATORIO***	**F. Ensayo:** ***06/12/2015***

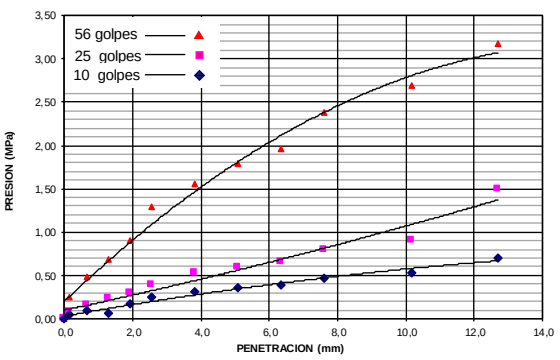
ENSAYO	**COMPACTACIÓN PROCTOR INV. E-141, 142-07**				**COMPACTACION CBR INV. E-148-07**		
DETERMINACIÓN	1	2	3	4	1	2	3
No. de Golpes	55	55	55		56	25	10
Molde No.	1	1	1		CBR09	CBR08	CBR07
No. de Capas	5	5	5		5	5	5
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11357	11678	11611		11650	11546	11300
Peso molde, (g)..	7483	7483	7483		7463	7385	7294
Peso muestra húmeda, (g).	3874	4195	4128		4187	4161	4006
Volumen molde, cm3.	2121,4	2121,4	2121,4		2121,4	2120,0	2104,0
Densidad muestra húmeda, gr/cm³	1,826	1,977	1,946		1,974	1,963	1,904
Densidad muestra seca, gr/cm³	1,710	1,782	1,704		1,781	1,773	1,719

HUMEDAD	**COMPACTACION PROCTOR**				**COMPACTACION CBR**		
Recipiente No.	1	2	3		1	2	3
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	433,7	442,1	415,5		378,8	375,5	373,9
Peso rec. + Muestra Seca (g).	408,2	401,3	367,4		345,7	342,2	341,0
Peso Recipiente (g).	33,1	30,1	28,3		40,2	30,9	34,4
Contenido de Humedad (%)	6,8	11,0	14,2		10,8	10,7	10,7

No. DE GOLPES		56		25		10	
Molde No.		CBR09		CBR08		CBR07	
Días de inmersión		4		4		4	
Expansión (%)		1,75		2,27		2,09	
PENETRACIÓN		**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**
0,000 mm	*0,000 pulg*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,127 mm	*0,01 pulg*	0,5 kN	0,2 MPa	0,2 kN	0,1 MPa	0,1 kN	0,0 MPa
0,635 mm	*0,03 pulg*	1,0 kN	0,5 MPa	0,3 kN	0,2 MPa	0,2 kN	0,1 MPa
1,270 mm	*0,05 pulg*	1,4 kN	0,7 MPa	0,5 kN	0,2 MPa	0,1 kN	0,1 MPa
1,905 mm	*0,08 pulg*	1,8 kN	0,9 MPa	0,6 kN	0,3 MPa	0,4 kN	0,2 MPa
2,540 mm	*0,10 pulg*	2,6 kN	1,3 MPa	0,8 kN	0,4 MPa	0,5 kN	0,3 MPa
3,810 mm	*0,15 pulg*	3,2 kN	1,6 MPa	1,1 kN	0,5 MPa	0,6 kN	0,3 MPa
5,080 mm	*0,20 pulg*	3,6 kN	1,8 MPa	1,2 kN	0,6 MPa	0,7 kN	0,4 MPa
6,350 mm	*0,25 pulg*	4,0 kN	2,0 MPa	1,3 kN	0,7 MPa	0,8 kN	0,4 MPa
7,620 mm	*0,30 pulg*	4,8 kN	2,4 MPa	1,6 kN	0,8 MPa	0,9 kN	0,5 MPa
10,160 mm	*0,40 pulg*	5,5 kN	2,7 MPa	1,8 kN	0,9 MPa	1,1 kN	0,5 MPa
12,700 mm	*0,50 pulg*	6,4 kN	3,2 MPa	3,0 kN	1,5 MPa	1,4 kN	0,7 MPa
Humedad de penetración		13,3		13,4		12,8	







RESULTADOS DEL ENSAYO					
PROCTOR		**No. DE GOLPES**	**56**	**25**	**10**
DENSIDAD MAXIMA, g/cm³	1,783	**CBR CORREGIDA A 0,1"**	18,7	5,6	3,7
HUMEDAD OPTIMA, %	10	**CBR CORREGIDA A 0,2"**	17,4	5,8	3,4
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4", %		**SOPORTE AL 100%**	18,4	**AL 95%**	***12,2***

ESPECIFICACIÓN	**ELABORÓ**		**REVISO**
INVIAS 2013			
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE DE LABORATORIO
FIRMA			

Universidad Piloto de Colombia	***ENSAYO DE COMPACTACIÓN EN SUELO*** *INV E-142-13*	Código: F-13-21 Versión: 0 Fecha: 12/12/2011

Descripción:	***MEZCLA MATERIAL QUEBRADA LA LUCHA 85%, Y EMULSION ASFALTICA 15%***			**F. Toma:**	***02/12/2015***
Muestra No.:	**003**	**306325**	**Localización:** ***LABORATORIO***	**F. Ensayo:**	***02/12/2015***

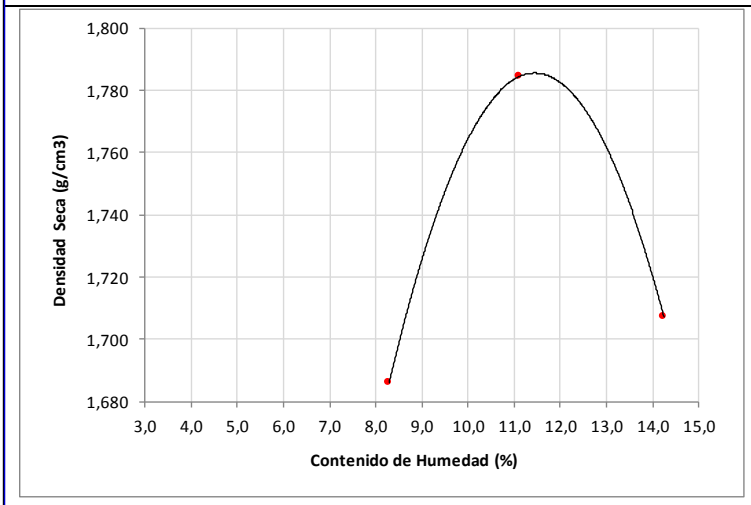
DENSIDAD SECA

PRUEBA	**1**	**2**	**3**	
No. de Golpes por capa.	55	55	55	
Molde No.	1	1	1	
No. de Capas	5	5	5	
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11356	11689	11621	
Peso molde, (g).	7483	7483	7483	
Peso muestra húmeda, (g).	3873	4206	4138	
Volumen molde, (cm3)	2121,4	2121,4	2121,4	
Densidad muestra húmeda, (gr/cm3)	1,826	1,983	1,951	
Densidad muestra seca, (gr/cm3)	1,686	1,784	1,707	

HUMEDAD

Recipiente No.	1	2	3	
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	434,8	441,1	421,0	
Peso rec. + Muestra Seca (g).	404,4	400,2	372,5	
Peso Recipiente (g).	37,7	32,1	32,1	
Contenido de Humedad (%)	8,3	11,1	14,2	

CURVA PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO	
DENSIDAD MAXIMA	1,786 g/cm3
HUMEDAD OPTIMA	11 %
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4".	%

OBSERVACIONES:

	REALIZÓ		**REVISÓ**
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE LABORATORIO
FIRMA			

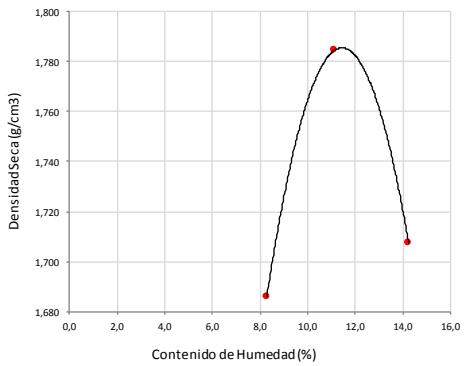
Universidad Piloto de Colombia	**RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN LABORATORIO** *INV. E-148-13*	Código: F-13-7 Versión: 3 Fecha: 01/09/2012

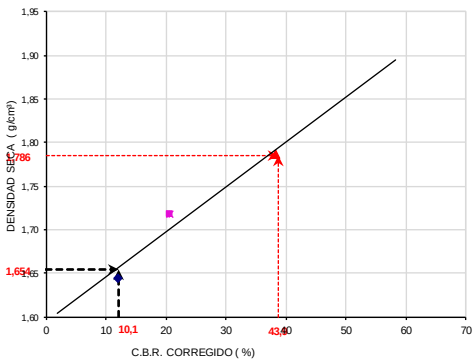
Descripción:	MEZCLA MATERIAL DE LA QUEBRADA LA LUCHA + EMULSION ASFALTICA CRL-1 EN PROORCION (85% MATERIAL GRANULAR Y 15% DE EMULSION)			**F. Toma:**	***02/12/2015***
Muestra No.:	***003***	***306325***	**Localización:**	***LABORATORIO***	**F. Ensayo:** ***06/12/2015***

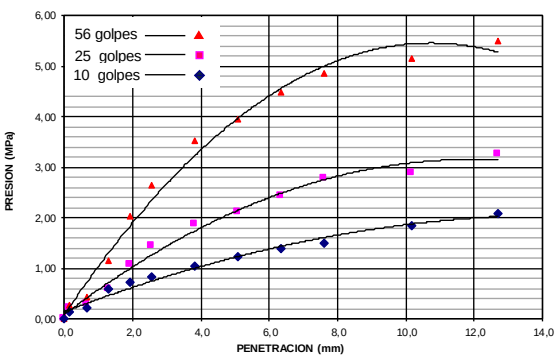
ENSAYO	**COMPACTACIÓN PROCTOR INV. E-141, 142-07**				**COMPACTACION CBR INV. E-148-07**		
DETERMINACIÓN	1	2	3	4	1	2	3
No. de Golpes	55	55	55		56	25	10
Molde No.	1	1	1		CBR09	CBR08	CBR07
No. de Capas	5	5	5		5	5	5
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11356	11689	11621		11802	11588	11325
Peso molde, (g)..	7483	7483	7483		7657	7612	7611
Peso muestra húmeda, (g).	3873	4206	4138		4145	3976	3714
Volumen molde, cm3.	2121,4	2121,4	2121,4		2087,0	2086,0	2036,0
Densidad muestra húmeda, gr/cm³	1,826	1,983	1,951		1,986	1,906	1,824
Densidad muestra seca, gr/cm³	1,686	1,784	1,707		1,786	1,718	1,644

HUMEDAD	**COMPACTACION PROCTOR**				**COMPACTACION CBR**		
Recipiente No.	1	2	3		1	2	3
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	434,8	441,1	421,0		385,0	373,0	373,9
Peso rec. + Muestra Seca (g).	404,4	400,2	372,5		350,2	339,2	340,4
Peso Recipiente (g).	37,7	32,1	32,1		39,0	30,9	34,4
Contenido de Humedad (%)	8,3	11,1	14,2		11,2	11,0	10,9

No. DE GOLPES		56		25		10	
Molde No.		CBR09		CBR08		CBR07	
Días de inmersión		4		4		4	
Expansión (%)		2,44		2,55		1,72	
PENETRACIÓN		**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**
0,000 mm	*0,000 pulg*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,127 mm	*0,01 pulg*	0,5 kN	0,3 MPa	0,4 kN	0,2 MPa	0,3 kN	0,1 MPa
0,635 mm	*0,03 pulg*	0,8 kN	0,4 MPa	0,6 kN	0,3 MPa	0,4 kN	0,2 MPa
1,270 mm	*0,05 pulg*	2,3 kN	1,2 MPa	1,2 kN	0,6 MPa	1,2 kN	0,6 MPa
1,905 mm	*0,08 pulg*	4,1 kN	2,0 MPa	2,2 kN	1,1 MPa	1,5 kN	0,7 MPa
2,540 mm	*0,10 pulg*	5,4 kN	2,6 MPa	2,9 kN	1,4 MPa	1,7 kN	0,8 MPa
3,810 mm	*0,15 pulg*	7,1 kN	3,5 MPa	3,8 kN	1,9 MPa	2,1 kN	1,0 MPa
5,080 mm	*0,20 pulg*	8,0 kN	4,0 MPa	4,3 kN	2,1 MPa	2,5 kN	1,2 MPa
6,350 mm	*0,25 pulg*	9,1 kN	4,5 MPa	4,9 kN	2,4 MPa	2,8 kN	1,4 MPa
7,620 mm	*0,30 pulg*	9,8 kN	4,8 MPa	5,7 kN	2,8 MPa	3,0 kN	1,5 MPa
10,160 mm	*0,40 pulg*	10,4 kN	5,1 MPa	5,9 kN	2,9 MPa	3,7 kN	1,8 MPa
12,700 mm	*0,50 pulg*	11,2 kN	5,5 MPa	6,6 kN	3,3 MPa	4,2 kN	2,1 MPa
Humedad de penetración		12,2		12,5		12,8	







RESULTADOS DEL ENSAYO					
PROCTOR		**No. DE GOLPES**	**56**	**25**	**10**
DENSIDAD MAXIMA, g/cm³	1,786	**CBR CORREGIDA A 0,1"**	38,4	20,7	12,1
HUMEDAD OPTIMA, %	11	**CBR CORREGIDA A 0,2"**	38,4	20,5	12,0
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4", %		**SOPORTE AL 100%**	29,7	**AL 95%**	***18,2***

ESPECIFICACIÓN	**ELABORÓ**		**REVISO**
FALSO			
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE DE LABORATORIO
FIRMA			

Universidad Piloto de Colombia	***ENSAYO DE COMPACTACIÓN EN SUELO*** *INV E-142-13*	Código: F-13-21 Versión: 0 Fecha: 12/12/2011

Descripción:	***MEZCLA MATERIAL QUEBRADA LA LUCHA 80%, Y EMULSION ASFALTICA 20%***			**F. Toma:**	***02/12/2015***
Muestra No.:	***004***	***306326***	**Localización:**	***LABORATORIO***	**F. Ensayo:** ***02/12/2015***

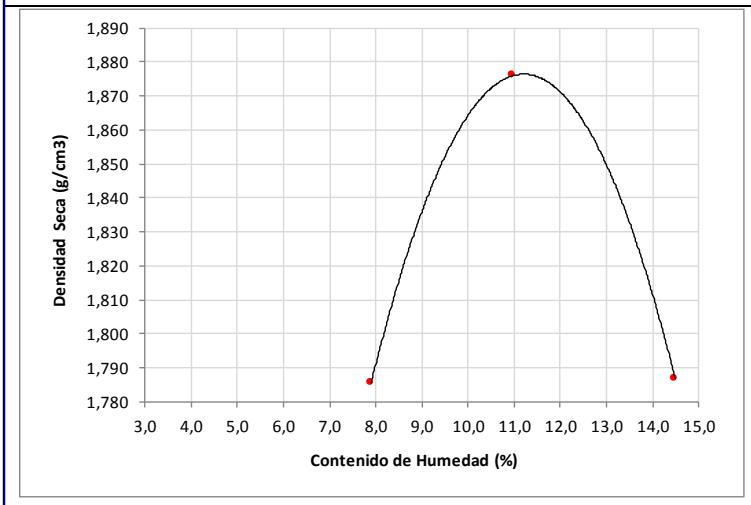
DENSIDAD SECA

PRUEBA	**1**	**2**	**3**
No. de Golpes por capa.	55	55	55
Molde No.	1	1	1
No. de Capas	5	5	5
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11570	11900	11823
Peso molde, (g).	7483	7483	7483
Peso muestra húmeda, (g).	4087	4417	4340
Volumen molde, (cm3)	2121,4	2121,4	2121,4
Densidad muestra húmeda, (gr/cm3)	1,927	2,082	2,046
Densidad muestra seca, (gr/cm3)	1,786	1,876	1,787

HUMEDAD

Recipiente No.	1	2	3
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	440,0	444,4	409,9
Peso rec. + Muestra Seca (g).	410,0	403,3	362,2
Peso Recipiente (g).	30,1	29,2	33,0
Contenido de Humedad (%)	7,9	11,0	14,5

CURVA PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO	
DENSIDAD MAXIMA	1,876 g/cm3
HUMEDAD OPTIMA	11 %
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4".	%

OBSERVACIONES:

	REALIZÓ		**REVISÓ**
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE LABORATORIO
FIRMA			

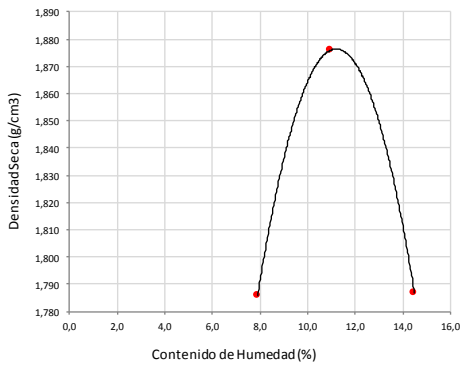
Universidad Piloto de Colombia	**RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN LABORATORIO** *INV. E-148-13*	Código: F-13-7 Versión: 3 Fecha: 01/09/2012

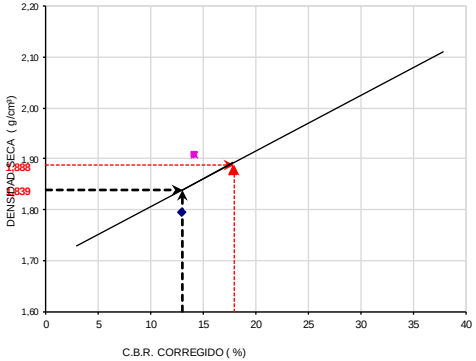
Descripción:	MEZCLA MATERIAL DE LA QUEBRADA LA LUCHA + EMULSION ASFALTICA CRL-1 EN PROORCION (80% MATERIAL GRANULAR Y 20% DE EMULSION)			**F. Toma:**	***02/12/2015***
Muestra No.:	***004***	***306326***	**Localización:** ***LABORATORIO***	**F. Ensayo:**	***06/12/2015***

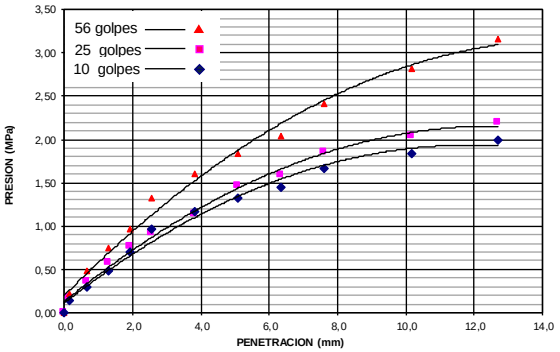
ENSAYO	**COMPACTACIÓN PROCTOR INV. E-141, 142-07**				**COMPACTACION CBR INV. E-148-07**		
DETERMINACIÓN	1	2	3	4	1	2	3
No. de Golpes	55	55	55		56	25	10
Molde No.	1	1	1		CBR09	CBR08	CBR07
No. de Capas	5	5	5		5	5	5
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11570	11900	11823		11702	11657	11450
Peso molde, (g)..	7483	7483	7483		7309	7200	7294
Peso muestra húmeda, (g).	4087	4417	4340		4393	4457	4156
Volumen molde, cm3.	2121,4	2121,4	2121,4		2104,0	2103,5	2086,8
Densidad muestra húmeda, gr/cm³	1,927	2,082	2,046		2,088	2,119	1,992
Densidad muestra seca, gr/cm³	1,786	1,876	1,787		1,878	1,910	1,795

HUMEDAD	**COMPACTACION PROCTOR**				**COMPACTACION CBR**		
Recipiente No.	1	2	3		1	2	3
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	440,0	444,4	409,9		385,0	373,0	373,9
Peso rec. + Muestra Seca (g).	410,0	403,3	362,2		350,2	339,2	340,4
Peso Recipiente (g).	30,1	29,2	33,0		39,0	30,9	34,4
Contenido de Humedad (%)	7,9	11,0	14,5		11,2	11,0	10,9

No. DE GOLPES		56		25		10	
Molde No.		CBR09		CBR08		CBR07	
Días de inmersión		4		4		4	
Expansión (%)		1,99		2,55		2,25	
PENETRACIÓN		**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**
0,000 mm	*0,000 pulg*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,127 mm	*0,01 pulg*	0,4 kN	0,2 MPa	0,3 kN	0,2 MPa	0,3 kN	0,1 MPa
0,635 mm	*0,03 pulg*	1,0 kN	0,5 MPa	0,7 kN	0,4 MPa	0,6 kN	0,3 MPa
1,270 mm	*0,05 pulg*	1,5 kN	0,7 MPa	1,2 kN	0,6 MPa	1,0 kN	0,5 MPa
1,905 mm	*0,08 pulg*	2,0 kN	1,0 MPa	1,6 kN	0,8 MPa	1,4 kN	0,7 MPa
2,540 mm	*0,10 pulg*	2,7 kN	1,3 MPa	1,9 kN	0,9 MPa	2,0 kN	1,0 MPa
3,810 mm	*0,15 pulg*	3,3 kN	1,6 MPa	2,3 kN	1,1 MPa	2,4 kN	1,2 MPa
5,080 mm	*0,20 pulg*	3,7 kN	1,8 MPa	3,0 kN	1,5 MPa	2,7 kN	1,3 MPa
6,350 mm	*0,25 pulg*	4,1 kN	2,0 MPa	3,2 kN	1,6 MPa	2,9 kN	1,4 MPa
7,620 mm	*0,30 pulg*	4,9 kN	2,4 MPa	3,7 kN	1,8 MPa	3,4 kN	1,7 MPa
10,160 mm	*0,40 pulg*	5,7 kN	2,8 MPa	4,1 kN	2,0 MPa	3,7 kN	1,8 MPa
12,700 mm	*0,50 pulg*	6,4 kN	3,2 MPa	4,5 kN	2,2 MPa	4,0 kN	2,0 MPa
Humedad de penetración		13,4		13,5		12,8	







RESULTADOS DEL ENSAYO					
PROCTOR		**No. DE GOLPES**	**56**	**25**	**10**
DENSIDAD MAXIMA, g/cm³	1,876	**CBR CORREGIDA A 0,1"**	19,2	13,4	14,1
HUMEDAD OPTIMA, %	11	**CBR CORREGIDA A 0,2"**	17,8	14,1	12,9
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4", %		**SOPORTE AL 100%**	27,7	**AL 95%**	***16,4***

ESPECIFICACIÓN	**ELABORÓ**		**REVISO**
FALSO			
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE DE LABORATORIO
FIRMA			

Universidad Piloto de Colombia	***ENSAYO DE COMPACTACIÓN EN SUELO*** *INV E-142-13*	Código: F-13-21 Versión: 0 Fecha: 12/12/2011

Descripción:	***MEZCLA MATERIAL QUEBRADA LA LUCHA 75%, Y EMULSION ASFALTICA 25%***				**F. Toma:**	***02/12/2015***
Muestra No.:	***005***	***306327***	**Localización:**	***LABORATORIO***	**F. Ensayo:**	***02/12/2015***

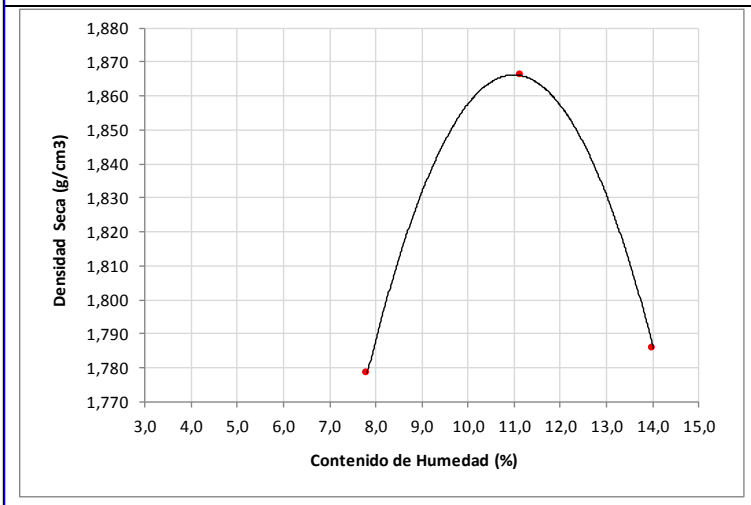
DENSIDAD SECA

PRUEBA	**1**	**2**	**3**	
No. de Golpes por capa.	55	55	55	
Molde No.	1	1	1	
No. de Capas	5	5	5	
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11550	11883	11802	
Peso molde, (g).	7483	7483	7483	
Peso muestra húmeda, (g).	4067	4400	4319	
Volumen molde, (cm3)	2121,4	2121,4	2121,4	
Densidad muestra húmeda, (gr/cm3)	1,917	2,074	2,036	
Densidad muestra seca, (gr/cm3)	1,778	1,866	1,786	

HUMEDAD

Recipiente No.	1	2	3	
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	400,6	465,0	400,5	
Peso rec. + Muestra Seca (g).	374,3	422,1	355,4	
Peso Recipiente (g).	37,7	37,5	33,8	
Contenido de Humedad (%)	7,8	11,2	14,0	

CURVA PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO	
DENSIDAD MAXIMA	1,866 g/cm3
HUMEDAD OPTIMA	11 %
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4".	%

OBSERVACIONES:

	REALIZÓ		**REVISÓ**
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE LABORATORIO
FIRMA			

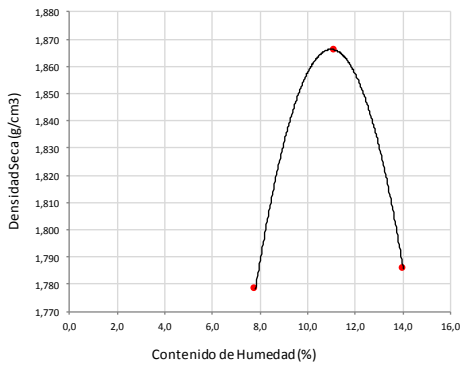
Universidad Piloto de Colombia	**RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN LABORATORIO** *INV. E-148-13*	Código: F-13-7 Versión: 3 Fecha: 01/09/2012

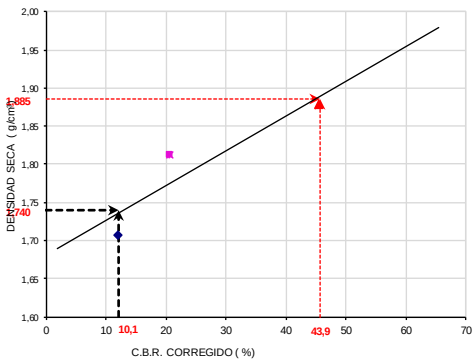
Descripción:	MEZCLA MATERIAL DE LA QUEBRADA LA LUCHA + EMULSION ASFALTICA CRL-1 EN PROORCION (75% MATERIAL GRANULAR Y 25% DE EMULSION)			**F. Toma:**	***02/12/2015***
Muestra No.:	***005***	***306327***	**Localización:**	***LABORATORIO***	**F. Ensayo:** ***06/12/2015***

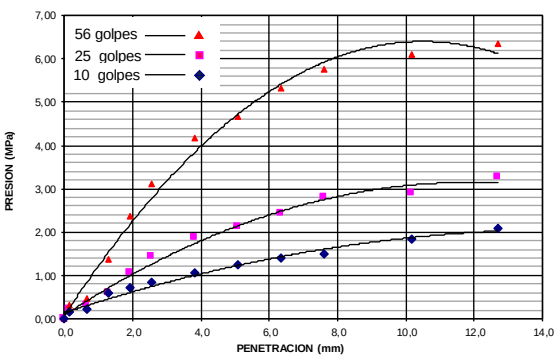
ENSAYO	**COMPACTACIÓN PROCTOR INV. E-141, 142-07**				**COMPACTACION CBR INV. E-148-07**		
DETERMINACIÓN	1	2	3	4	1	2	3
No. de Golpes	55	55	55		56	25	10
Molde No.	1	1	1		CBR09	CBR08	CBR07
No. de Capas	5	5	5		5	5	5
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11550	11883	11802		11753	11588	11325
Peso molde, (g)..	7483	7483	7483		7358	7390	7373
Peso muestra húmeda, (g).	4067	4400	4319		4395	4198	3952
Volumen molde, cm3.	2121,4	2121,4	2121,4		2104,0	2087,0	2086,8
Densidad muestra húmeda, gr/cm³	1,917	2,074	2,036		2,089	2,011	1,894
Densidad muestra seca, gr/cm³	1,778	1,866	1,786		1,879	1,813	1,707

HUMEDAD	**COMPACTACION PROCTOR**				**COMPACTACION CBR**		
Recipiente No.	1	2	3		1	2	3
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	400,6	465,0	400,5		385,0	373,0	373,9
Peso rec. + Muestra Seca (g).	374,3	422,1	355,4		350,2	339,2	340,4
Peso Recipiente (g).	37,7	37,5	33,8		39,0	30,9	34,4
Contenido de Humedad (%)	7,8	11,2	14,0		11,2	11,0	10,9

No. DE GOLPES		56		25		10	
Molde No.		CBR09		CBR08		CBR07	
Días de inmersión		4		4		4	
Expansión (%)		1,57		2,42		2,18	
PENETRACIÓN		**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**
0,000 mm	*0,000 pulg*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,127 mm	*0,01 pulg*	0,6 kN	0,3 MPa	0,4 kN	0,2 MPa	0,3 kN	0,1 MPa
0,635 mm	*0,03 pulg*	1,0 kN	0,5 MPa	0,6 kN	0,3 MPa	0,4 kN	0,2 MPa
1,270 mm	*0,05 pulg*	2,8 kN	1,4 MPa	1,2 kN	0,6 MPa	1,2 kN	0,6 MPa
1,905 mm	*0,08 pulg*	4,8 kN	2,4 MPa	2,2 kN	1,1 MPa	1,5 kN	0,7 MPa
2,540 mm	*0,10 pulg*	6,3 kN	3,1 MPa	2,9 kN	1,4 MPa	1,7 kN	0,8 MPa
3,810 mm	*0,15 pulg*	8,5 kN	4,2 MPa	3,8 kN	1,9 MPa	2,1 kN	1,0 MPa
5,080 mm	*0,20 pulg*	9,5 kN	4,7 MPa	4,3 kN	2,1 MPa	2,5 kN	1,2 MPa
6,350 mm	*0,25 pulg*	10,8 kN	5,3 MPa	4,9 kN	2,4 MPa	2,8 kN	1,4 MPa
7,620 mm	*0,30 pulg*	11,7 kN	5,8 MPa	5,7 kN	2,8 MPa	3,0 kN	1,5 MPa
10,160 mm	*0,40 pulg*	12,4 kN	6,1 MPa	5,9 kN	2,9 MPa	3,7 kN	1,8 MPa
12,700 mm	*0,50 pulg*	12,9 kN	6,3 MPa	6,6 kN	3,3 MPa	4,2 kN	2,1 MPa
Humedad de penetración		12,9		12,5		13,2	







RESULTADOS DEL ENSAYO					
PROCTOR		**No. DE GOLPES**	**56**	**25**	**10**
DENSIDAD MAXIMA, g/cm³	1,866	**CBR CORREGIDA A 0,1"**	45,2	20,7	12,1
HUMEDAD OPTIMA, %	11	**CBR CORREGIDA A 0,2"**	45,5	20,5	12,0
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4", %		**SOPORTE AL 100%**	32,9	**AL 95%**	***19,1***

ESPECIFICACIÓN	**ELABORÓ**		**REVISO**
FALSO			
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE DE LABORATORIO
FIRMA			

Universidad Piloto de Colombia	***ENSAYO DE COMPACTACIÓN EN SUELO***	Código:	F-13-21
	INV E-142-13	Versión:	0
		Fecha:	12/12/2011

Descripción:	***MEZCLA MATERIAL QUEBRADA LA LUCHA 70%, Y EMULSION ASFALTICA 30%***			**F. Toma:**	***04/12/2015***
Muestra No.:	***006***	***306328***	**Localización:**	***LABORATORIO***	**F. Ensayo:** ***04/12/2015***

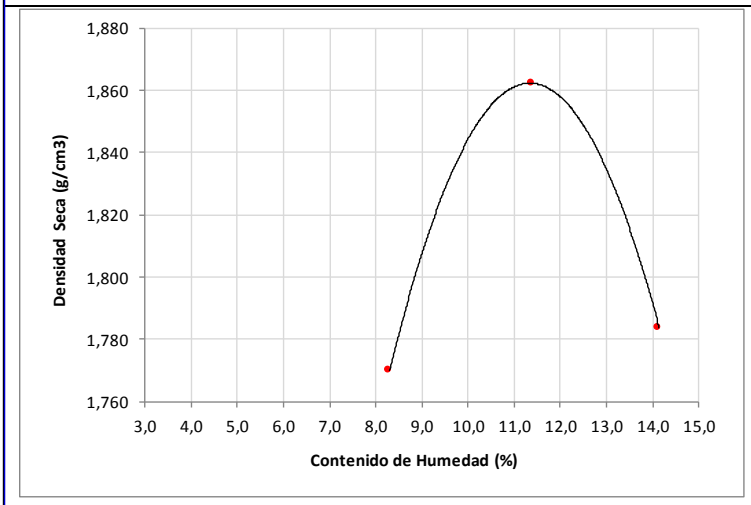
DENSIDAD SECA

PRUEBA	**1**	**2**	**3**	
No. de Golpes por capa.	55	55	55	
Molde No.	1	1	1	
No. de Capas	5	5	5	
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11550	11883	11802	
Peso molde, (g).	7483	7483	7483	
Peso muestra húmeda, (g).	4067	4400	4319	
Volumen molde, (cm3)	2121,4	2121,4	2121,4	
Densidad muestra húmeda, (gr/cm3)	1,917	2,074	2,036	
Densidad muestra seca, (gr/cm3)	1,770	1,862	1,784	

HUMEDAD

Recipiente No.	1	2	3	
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	441,0	447,2	413,2	
Peso rec. + Muestra Seca (g).	409,5	405,3	365,5	
Peso Recipiente (g).	30,1	37,0	28,3	
Contenido de Humedad (%)	8,3	11,4	14,1	

CURVA PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO	
DENSIDAD MAXIMA	1,862 g/cm3
HUMEDAD OPTIMA	11 %
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4".	%

OBSERVACIONES:

	REALIZÓ		**REVISÓ**
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE LABORATORIO
FIRMA			

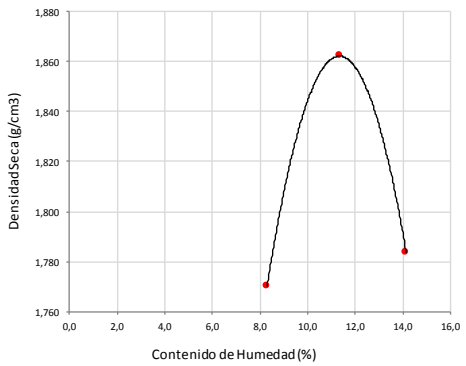
Universidad Piloto de Colombia	**RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN LABORATORIO** *INV. E-148-13*	Código: F-13-7 Versión: 3 Fecha: 01/09/2012

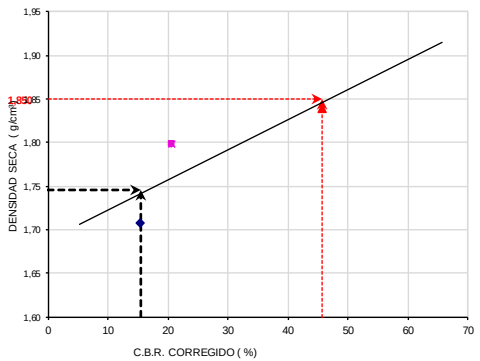
Descripción:	MEZCLA MATERIAL DE LA QUEBRADA LA LUCHA + EMULSION ASFALTICA CRL-1 EN PROORCION (70% MATERIAL GRANULAR Y 30% DE EMULSION)			**F. Toma:**	***04/12/2015***
Muestra No.:	***006***	***306328***	**Localización:** ***LABORATORIO***	**F. Ensayo:**	***08/12/2015***

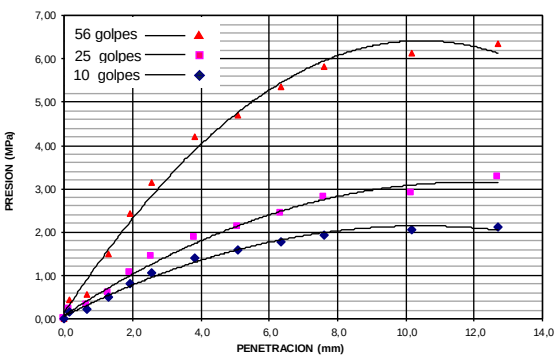
ENSAYO	**COMPACTACIÓN PROCTOR INV. E-141, 142-07**				**COMPACTACION CBR INV. E-148-07**		
DETERMINACIÓN	1	2	3	4	1	2	3
No. de Golpes	55	55	55		56	25	10
Molde No.	1	1	1		CBR09	CBR08	CBR07
No. de Capas	5	5	5		5	5	5
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11550	11883	11802		11902	11588	11325
Peso molde, (g)..	7483	7483	7483		7600	7390	7373
Peso muestra húmeda, (g).	4067	4400	4319		4302	4198	3952
Volumen molde, cm3.	2121,4	2121,4	2121,4		2104,0	2103,5	2086,8
Densidad muestra húmeda, gr/cm³	1,917	2,074	2,036		2,045	1,996	1,894
Densidad muestra seca, gr/cm³	1,770	1,862	1,784		1,839	1,799	1,707

HUMEDAD	**COMPACTACION PROCTOR**				**COMPACTACION CBR**		
Recipiente No.	1	2	3		1	2	3
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	441,0	447,2	413,2		385,0	373,0	373,9
Peso rec. + Muestra Seca (g).	409,5	405,3	365,5		350,2	339,2	340,4
Peso Recipiente (g).	30,1	37,0	28,3		39,0	30,9	34,4
Contenido de Humedad (%)	8,3	11,4	14,1		11,2	11,0	10,9

No. DE GOLPES		56		25		10	
Molde No.		CBR09		CBR08		CBR07	
Días de inmersión		4		4		4	
Expansión (%)		1,70		2,38		2,20	
PENETRACIÓN		**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**
0,000 mm	*0,000 pulg*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,127 mm	*0,01 pulg*	0,9 kN	0,4 MPa	0,4 kN	0,2 MPa	0,3 kN	0,1 MPa
0,635 mm	*0,03 pulg*	1,1 kN	0,5 MPa	0,6 kN	0,3 MPa	0,4 kN	0,2 MPa
1,270 mm	*0,05 pulg*	3,0 kN	1,5 MPa	1,2 kN	0,6 MPa	1,0 kN	0,5 MPa
1,905 mm	*0,08 pulg*	4,9 kN	2,4 MPa	2,2 kN	1,1 MPa	1,7 kN	0,8 MPa
2,540 mm	*0,10 pulg*	6,4 kN	3,2 MPa	2,9 kN	1,4 MPa	2,1 kN	1,1 MPa
3,810 mm	*0,15 pulg*	8,5 kN	4,2 MPa	3,8 kN	1,9 MPa	2,8 kN	1,4 MPa
5,080 mm	*0,20 pulg*	9,6 kN	4,7 MPa	4,3 kN	2,1 MPa	3,2 kN	1,6 MPa
6,350 mm	*0,25 pulg*	10,8 kN	5,3 MPa	4,9 kN	2,4 MPa	3,6 kN	1,8 MPa
7,620 mm	*0,30 pulg*	11,8 kN	5,8 MPa	5,7 kN	2,8 MPa	3,9 kN	1,9 MPa
10,160 mm	*0,40 pulg*	12,5 kN	6,1 MPa	5,9 kN	2,9 MPa	4,2 kN	2,1 MPa
12,700 mm	*0,50 pulg*	12,9 kN	6,3 MPa	6,6 kN	3,3 MPa	4,3 kN	2,1 MPa
Humedad de penetración		12,2		12,5		12,8	







RESULTADOS DEL ENSAYO					
PROCTOR		**No. DE GOLPES**	**56**	**25**	**10**
DENSIDAD MAXIMA, g/cm³	1,862	**CBR CORREGIDA A 0,1"**	45,7	20,7	15,3
HUMEDAD OPTIMA, %	11	**CBR CORREGIDA A 0,2"**	45,8	20,5	15,3
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4", %		**SOPORTE AL 100%**	26,2	**AL 95%**	***15,5***

ESPECIFICACIÓN	**ELABORÓ**		**REVISO**
FALSO			
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE DE LABORATORIO
FIRMA			

Universidad Piloto de Colombia	***ENSAYO DE COMPACTACIÓN EN SUELO*** *INV E-142-13*	Código: F-13-21 Versión: 0 Fecha: 12/12/2011

Descripción:	***MEZCLA MATERIAL QUEBRADA LA LUCHA 65%, Y EMULSION ASFALTICA 35%***			**F. Toma:**	***04/12/2015***
Muestra No.:	***007***	***306329***	**Localización:**	***LABORATORIO***	**F. Ensayo:** ***04/12/2015***

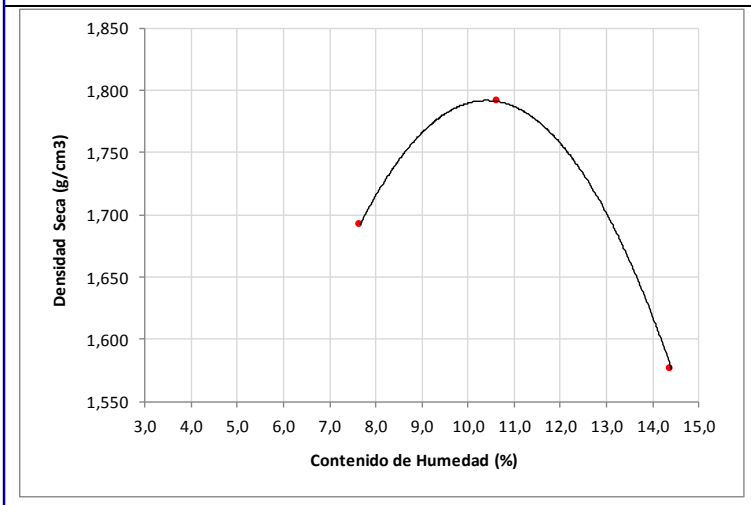
DENSIDAD SECA

PRUEBA	**1**	**2**	**3**	
No. de Golpes por capa.	55	55	55	
Molde No.	1	1	1	
No. de Capas	5	5	5	
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11347	11687	11309	
Peso molde, (g).	7483	7483	7483	
Peso muestra húmeda, (g).	3864	4204	3826	
Volumen molde, (cm3)	2121,4	2121,4	2121,4	
Densidad muestra húmeda, (gr/cm3)	1,821	1,982	1,804	
Densidad muestra seca, (gr/cm3)	1,692	1,791	1,576	

HUMEDAD

Recipiente No.	1	2	3	
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	443,5	447,1	414,3	
Peso rec. + Muestra Seca (g).	414,4	407,6	366,3	
Peso Recipiente (g).	34,3	37,0	33,3	
Contenido de Humedad (%)	7,7	10,7	14,4	

CURVA PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO	
DENSIDAD MAXIMA	1,792 g/cm3
HUMEDAD OPTIMA	10 %
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4".	%

OBSERVACIONES:

	REALIZÓ		**REVISÓ**
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE LABORATORIO
FIRMA			

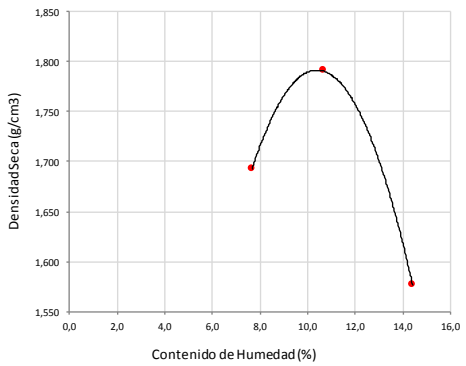
Universidad Piloto de Colombia	**RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN LABORATORIO**	Código:	F-13-7
		Versión:	3
	INV. E-148-13	Fecha:	01/09/2012

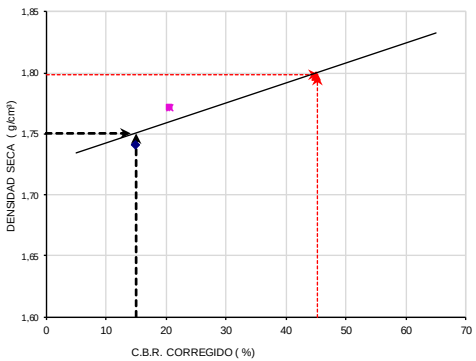
Descripción:	MEZCLA MATERIAL DE LA QUEBRADA LA LUCHA + EMULSION ASFALTICA CRL-1 EN PROORCION (65% MATERIAL GRANULAR Y 35% DE EMULSION)			**F. Toma:**	***04/12/2015***
Muestra No.:	***007***	***306329***	**Localización:**	***LABORATORIO***	**F. Ensayo:** ***08/12/2015***

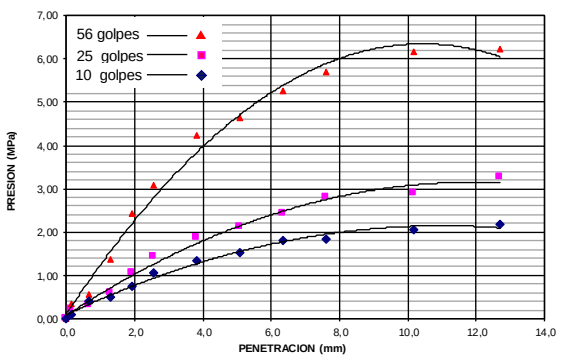
ENSAYO	**COMPACTACIÓN PROCTOR INV. E-141, 142-07**				**COMPACTACION CBR INV. E-148-07**		
DETERMINACIÓN	1	2	3	4	1	2	3
No. de Golpes	55	55	55		56	25	10
Molde No.	1	1	1		CBR09	CBR08	CBR07
No. de Capas	5	5	5		5	5	5
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11347	11687	11309		11805	11749	11325
Peso molde, (g)..	7483	7483	7483		7600	7612	7294
Peso muestra húmeda, (g).	3864	4204	3826		4205	4137	4031
Volumen molde, cm3.	2121,4	2121,4	2121,4		2104,0	2103,5	2086,8
Densidad muestra húmeda, gr/cm³	1,821	1,982	1,804		1,999	1,967	1,932
Densidad muestra seca, gr/cm³	1,692	1,791	1,576		1,798	1,772	1,741

HUMEDAD	**COMPACTACION PROCTOR**				**COMPACTACION CBR**		
Recipiente No.	1	2	3		1	2	3
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	443,5	447,1	414,3		385,0	373,0	373,9
Peso rec. + Muestra Seca (g).	414,4	407,6	366,3		350,2	339,2	340,4
Peso Recipiente (g).	34,3	37,0	33,3		39,0	30,9	34,4
Contenido de Humedad (%)	7,7	10,7	14,4		11,2	11,0	10,9

No. DE GOLPES		56		25		10	
Molde No.		CBR09		CBR08		CBR07	
Días de inmersión		4		4		4	
Expansión (%)		2,01		2,51		2,38	
PENETRACIÓN		**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**
0,000 mm	*0,000 pulg*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,127 mm	*0,01 pulg*	0,7 kN	0,3 MPa	0,4 kN	0,2 MPa	0,2 kN	0,1 MPa
0,635 mm	*0,03 pulg*	1,1 kN	0,5 MPa	0,6 kN	0,3 MPa	0,8 kN	0,4 MPa
1,270 mm	*0,05 pulg*	2,8 kN	1,4 MPa	1,2 kN	0,6 MPa	1,0 kN	0,5 MPa
1,905 mm	*0,08 pulg*	5,0 kN	2,4 MPa	2,2 kN	1,1 MPa	1,5 kN	0,7 MPa
2,540 mm	*0,10 pulg*	6,2 kN	3,1 MPa	2,9 kN	1,4 MPa	2,2 kN	1,1 MPa
3,810 mm	*0,15 pulg*	8,6 kN	4,2 MPa	3,8 kN	1,9 MPa	2,7 kN	1,3 MPa
5,080 mm	*0,20 pulg*	9,4 kN	4,6 MPa	4,3 kN	2,1 MPa	3,1 kN	1,5 MPa
6,350 mm	*0,25 pulg*	10,7 kN	5,3 MPa	4,9 kN	2,4 MPa	3,7 kN	1,8 MPa
7,620 mm	*0,30 pulg*	11,6 kN	5,7 MPa	5,7 kN	2,8 MPa	3,8 kN	1,9 MPa
10,160 mm	*0,40 pulg*	12,5 kN	6,2 MPa	5,9 kN	2,9 MPa	4,2 kN	2,1 MPa
12,700 mm	*0,50 pulg*	12,7 kN	6,2 MPa	6,6 kN	3,3 MPa	4,4 kN	2,2 MPa
Humedad de penetración		12,7		13,7		13,2	







RESULTADOS DEL ENSAYO					
PROCTOR		**No. DE GOLPES**	**56**	**25**	**10**
DENSIDAD MAXIMA, g/cm³	1,792	**CBR CORREGIDA A 0,1"**	44,5	20,7	15,5
HUMEDAD OPTIMA, %	10	**CBR CORREGIDA A 0,2"**	44,9	20,5	14,9
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4", %		**SOPORTE AL 100%**	14,0	**AL 95%**	***14,1***

ESPECIFICACIÓN	**ELABORÓ**		**REVISO**
FALSO			
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE DE LABORATORIO
FIRMA			

Universidad Piloto de Colombia	***ENSAYO DE COMPACTACIÓN EN SUELO*** *INV E-142-13*	Código: F-13-21 Versión: 0 Fecha: 12/12/2011

Descripción:	***MEZCLA MATERIAL QUEBRADA LA LUCHA 60%, Y EMULSION ASFALTICA 40%***			**F. Toma:**	***04/12/2015***
Muestra No.:	***008***	***306330***	**Localización:** ***LABORATORIO***	**F. Ensayo:**	***04/12/2015***

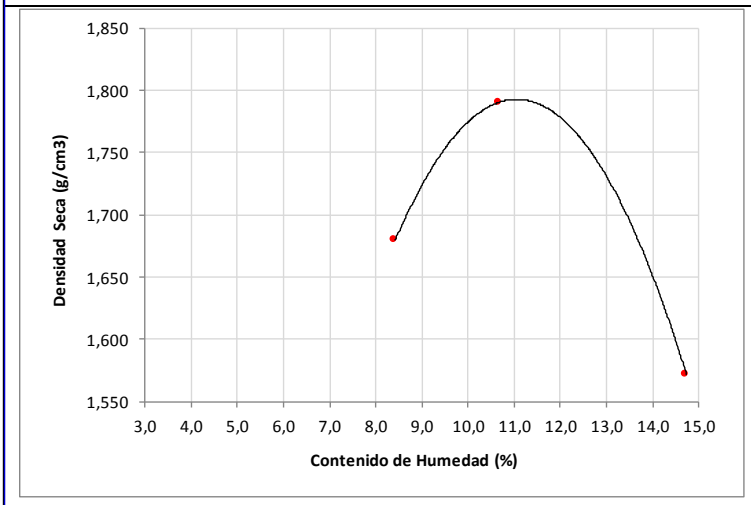
DENSIDAD SECA

PRUEBA	**1**	**2**	**3**	
No. de Golpes por capa.	55	55	55	
Molde No.	1	1	1	
No. de Capas	5	5	5	
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11347	11687	11309	
Peso molde, (g).	7483	7483	7483	
Peso muestra húmeda, (g).	3864	4204	3826	
Volumen molde, (cm3)	2121,4	2121,4	2121,4	
Densidad muestra húmeda, (gr/cm3)	1,821	1,982	1,804	
Densidad muestra seca, (gr/cm3)	1,680	1,790	1,572	

HUMEDAD

Recipiente No.	1	2	3	
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	442,0	446,7	416,1	
Peso rec. + Muestra Seca (g).	410,0	406,5	366,3	
Peso Recipiente (g).	30,1	30,1	28,3	
Contenido de Humedad (%)	8,4	10,7	14,7	

CURVA PROCTOR



RESULTADOS DEL ENSAYO	
DENSIDAD MAXIMA	1,793 g/cm3
HUMEDAD OPTIMA	11 %
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4".	%

OBSERVACIONES:

	REALIZÓ		**REVISÓ**
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE LABORATORIO
FIRMA			

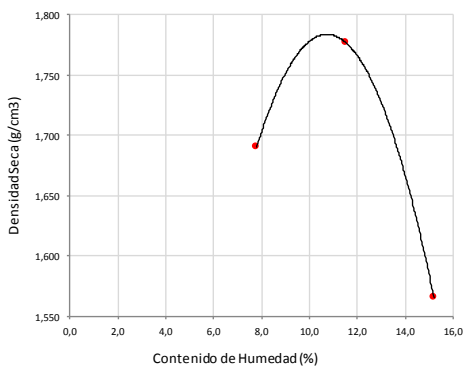
Universidad Piloto de Colombia	**RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN LABORATORIO** *INV. E-148-13*	Código: F-13-7 Versión: 3 Fecha: 01/09/2012

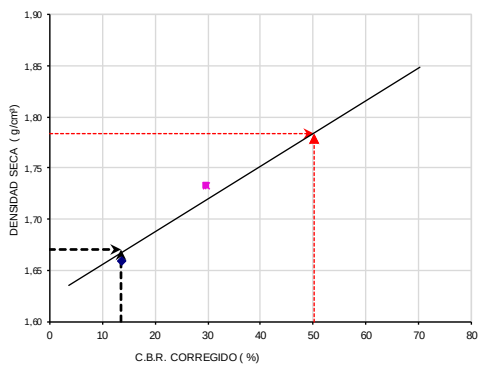
Descripción:	MEZCLA MATERIAL DE LA QUEBRADA LA LUCHA + EMULSION ASFALTICA CRL-1 EN PROORCION (60% MATERIAL GRANULAR Y 40% DE EMULSION)			**F. Toma:**	***04/12/2015***
Muestra No.:	***008***	***306330***	**Localización:** ***LABORATORIO***	**F. Ensayo:**	***08/12/2015***

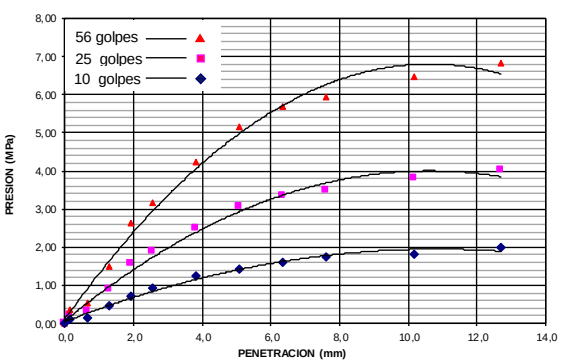
ENSAYO	**COMPACTACIÓN PROCTOR INV. E-141, 142-07**				**COMPACTACION CBR INV. E-148-07**		
DETERMINACIÓN	1	2	3	4	1	2	3
No. de Golpes	55	55	55		56	25	10
Molde No.	1	1	1		CBR09	CBR08	CBR07
No. de Capas	5	5	5		5	5	5
Peso muestra húmeda + molde, (g).	11347	11687	11309		11802	11702	11446
Peso molde, (g)..	7483	7483	7483		7643	7645	7600
Peso muestra húmeda, (g).	3864	4204	3826		4159	4057	3846
Volumen molde, cm3.	2121,4	2121,4	2121,4		2104,0	2103,5	2086,8
Densidad muestra húmeda, gr/cm³	1,821	1,982	1,804		1,977	1,929	1,843
Densidad muestra seca, gr/cm³	1,690	1,777	1,566		1,778	1,733	1,659

HUMEDAD	**COMPACTACION PROCTOR**				**COMPACTACION CBR**		
Recipiente No.	1	2	3		1	2	3
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	400,8	445,6	416,2		385,0	373,2	374,3
Peso rec. + Muestra Seca (g).	374,0	403,1	365,4		350,2	338,5	340,4
Peso Recipiente (g).	30,1	34,0	31,2		39,0	30,9	34,4
Contenido de Humedad (%)	7,8	11,5	15,2		11,2	11,3	11,1

No. DE GOLPES		56		25		10	
Molde No.		CBR09		CBR08		CBR07	
Días de inmersión		4		4		4	
Expansión (%)		1,96		1,85		1,51	
PENETRACIÓN		**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**	**CARGA**	**ESFUERZO**
0,000 mm	*0,000 pulg*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,127 mm	*0,01 pulg*	0,7 kN	0,4 MPa	0,4 kN	0,2 MPa	0,2 kN	0,1 MPa
0,635 mm	*0,03 pulg*	1,1 kN	0,5 MPa	0,6 kN	0,3 MPa	0,3 kN	0,2 MPa
1,270 mm	*0,05 pulg*	3,0 kN	1,5 MPa	1,8 kN	0,9 MPa	0,9 kN	0,4 MPa
1,905 mm	*0,08 pulg*	5,4 kN	2,6 MPa	3,2 kN	1,6 MPa	1,5 kN	0,7 MPa
2,540 mm	*0,10 pulg*	6,4 kN	3,2 MPa	3,8 kN	1,9 MPa	1,9 kN	0,9 MPa
3,810 mm	*0,15 pulg*	8,6 kN	4,2 MPa	5,1 kN	2,5 MPa	2,5 kN	1,3 MPa
5,080 mm	*0,20 pulg*	10,5 kN	5,2 MPa	6,2 kN	3,0 MPa	2,9 kN	1,4 MPa
6,350 mm	*0,25 pulg*	11,6 kN	5,7 MPa	6,8 kN	3,4 MPa	3,2 kN	1,6 MPa
7,620 mm	*0,30 pulg*	12,1 kN	6,0 MPa	7,1 kN	3,5 MPa	3,5 kN	1,7 MPa
10,160 mm	*0,40 pulg*	13,1 kN	6,5 MPa	7,7 kN	3,8 MPa	3,7 kN	1,8 MPa
12,700 mm	*0,50 pulg*	13,8 kN	6,8 MPa	8,1 kN	4,0 MPa	4,0 kN	2,0 MPa
Humedad de penetración		12,2		12,5		12,8	







RESULTADOS DEL ENSAYO					
PROCTOR		**No. DE GOLPES**	**56**	**25**	**10**
DENSIDAD MAXIMA, g/cm³	1,793	**CBR CORREGIDA A 0,1"**	46,0	27,2	13,7
HUMEDAD OPTIMA, %	11	**CBR CORREGIDA A 0,2"**	50,2	29,5	13,7
% RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4", %		**SOPORTE AL 100%**	14,2	**AL 95%**	***11,7***

ESPECIFICACIÓN	**ELABORÓ**		**REVISO**
FALSO			
NOMBRE			
CARGO	LABORATORISTA		JEFE DE LABORATORIO
FIRMA			

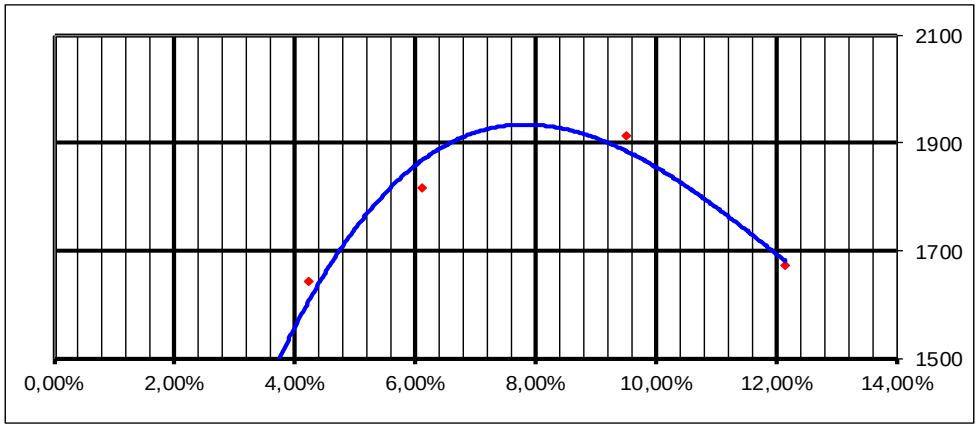
PROCTOR MODIFICADO

DESCRIPCION	SUB BASE GRANULAR (MEZCLA MATERIAL ALUVIAL QUEBRADA LA LUCHA 60%+ MIXTO RIO COELLO 40%)
No DE MUESTRA	029
FECHA DE ENSAYO	NOVIEMBRE 09/2015
CLIENTE	

DENSIDADES	1	2	3	4	5	6
(PM+SC) Peso molde mas suelo	9165	9625	9985	9513		
(PM) Peso molde (gr)	5485	5485	5485	5485		
(PS) Peso suelo compactado (gr)	3680	4140	4500	4028		
Volumen del molde (cm3)	2149	2149	2149	2149		
Densidad Humeda (kg/m^3)	1712	1926	2094	1874		
Densidad Seca (kg/m^3)	1643	1815	1912	1671		

PROCEDIMIENTO	
Método	**A.A.S.H.T.O**
Molde	6" de Diametro
Martillo	10 Libras
Pasa	3/4¨
No. de golpes por	56
No. de Capas	5

DETERMINACION DE HUMEDAD	1		2		3		4		5		6	
(PSH+T) Peso suelo humedo mas tara	421,65	265,32	391,65	210,23	528,67	300,12	557,78	468,00				
(PSS+T) Peso suelo seco mas tara (gr)	409,56	258,64	374,86	204,96	493,21	284,12	509,32	429,00				
(PT) Peso tara (gr)	109,80	107,60	109,10	116,20	116,20	117,90	110,90	108,20				
(PSH) Peso suelo humedo (gr)	311,85	157,72	282,55	94,03	412,47	182,22	446,88	359,80				
(PSS) Peso suelo seco (gr)	299,76	151,04	265,76	88,76	377,01	166,22	398,42	320,80	-			
(Hw%) Humedad	4,03%	4,42%	6,32%	5,94%	9,41%	9,63%	12,16%	12,16%				
(Hw) Promedio	4,23%		6,13%		9,52%		12,16%					



HUMEDAD OPTIMA	8,6	%
PESO UNITARIO MAXIMO	1,930	Kg/m3

OBSERVACIONES

CALCULO: _____ **REVISO:** _____