



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL  
ECUADOR**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**“ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE ESTABILIDAD Y MÓDULO DE  
RIGIDEZ DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, EMPLEANDO  
AGREGADOS PÉTREOS PARA LA PROVINCIA DE SUCUMBIOS”**

ARQ. ROBERTO ALEXANDER UCHUARI MALLA

QUITO, Julio 2016



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL  
ECUADOR**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**DISERTACION PREVIA LA OBTENCION DEL TITULO DE  
MAGISTER EN INGENIERÍA VIAL**

**“ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE ESTABILIDAD Y MÓDULO DE  
RIGIDEZ DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, EMPLEANDO  
AGREGADOS PÉTREOS PARA LA PROVINCIA DE SUCUMBIOS”**

ROBERTO ALEXANDER UCHUARI MALLA

**DIRECTOR DE DISERTACION:**

ING. CIVIL MSc. GUSTAVO YANEZ C.

QUITO, Julio 2016

## **DEDICATORIA:**

El presente Trabajo de Titulación quiero dedicar de manera especial a:

- Mi esposa Julia, por ser mi apoyo y compañía incondicional.
- Mis hijos: Paul, Pamela y Christian por ser el mejor regalo que Dios me ha concedido.
- A mí querida Madre por ser siempre mi inspiración.

## **AGRADECIMIENTO:**

A Dios por haberme dado la oportunidad de realizar este Trabajo de Titulación y, haberme puesto en el camino a, personas que de una u otra forma me ayudaron para que el presente trabajo cumpla el objetivo deseado.

Al Ing. Civil MSc. Gustavo Yáñez, Director del presente Trabajo de Titulación que a más de ser una guía técnica, fue un amigo incondicional con el que pude contar en cada momento. Al Ing. Civil MSc. Fredy Paredes e Ing. Civil MSc. Patricio Castro, que fueron un aporte técnico, para que este trabajo cumpla su objetivo final.

Al Ing. Civil MSc. Gonzalo Lagla Y., gran amigo y guía importante en la consecución del presente Trabajo de Titulación.

Quiero dar un agradecimiento especial a las personas que laboran en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Quito

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
TABLA DE CONTENIDOS .....	iii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x

### CAPITULO I. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento del Problema .....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.5. Alcance.....	4
1.6. Marco Teórico.....	4
1.6.1. Definición de Mezclas Asfálticas.....	4
1.6.2. Clasificación de Mezclas Asfálticas.....	5
a) Por fracciones de agregado pétreo empleado.....	5
b) Por la temperatura de puesta en obra.....	5
c) Por la proporción de vacíos de la mezcla asfáltica.....	5
d) Por el tamaño máximo del agregado pétreo.....	6
e) Por la estructura del agregado pétreo.....	6
f) Por la granulometría.....	6
1.6.3. Métodos de Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente.....	6
1.6.3.1 The Hubbard-Field (1920's).....	6
1.6.3.2 Método Marshall (1930's).....	7
1.6.3.3 Método Hveem (1930's).....	10
1.6.3.4 Método de la Western Association of State Highway on Transportation Officials WASHTO (1984).....	10

1.6.3.5 Método de Asphalt Aggregate Mixture Analysis System. AAMAS (1987).....	11
1.6.3.6 Método SUPERPAVE (1993).....	11
1.6.4. Módulo de Rigidez.....	12
1.7. Análisis de Fuentes de Materiales Pétreos en la Provincia de Sucumbíos para el diseño y fabricación de mezclas asfálticas en caliente.....	13
1.7.1. Relieve.....	13
1.7.2. Geología.....	14
1.7.3. Suelos.....	14
1.7.3.1 Fuente de agregados pétreos provenientes de la mina La Florida.....	15
1.7.3.1.1. Ubicación.....	15
1.7.3.1.2. Descripción del tipo de material.....	17
1.7.3.1.3. Usos en la construcción.....	17
1.7.3.1.4. Volumen.....	17
1.7.3.1.5. Carpeta de Rodadura.....	17
1.7.3.2 Fuente de agregados pétreos provenientes de la mina Jambelí..	18
1.7.3.2.1 Ubicación.....	18
1.7.3.2.2 Descripción del tipo de material.....	19
1.7.3.2.3 Usos en la construcción.....	20
1.7.3.2.4 Volumen.....	20
1.7.3.2.5 Carpeta de rodadura.....	20

## **CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS Y LIGANTE ASFALTICO**

2.1. Caracterización de los materiales.....	21
2.1.1. Caracterización de agregado grueso.....	21
2.1.1.1. Análisis granulométrico de agregado gruesos (ASTM C 136).....	21
2.1.1.2. Gravedad específica y absorción fino y grueso (ASTM C-127).....	25

2.1.1.3.	Abrasión o desgaste del agregado grueso máquina de los Ángeles (ASTM C-131).....	27
2.1.1.4.	Ensayo de partículas fracturadas (ASTM D-5821).....	28
2.1.1.5.	Ensayo de partículas alargadas y planas (ASTM D- 4791).....	29
2.1.1.6.	Ensayo de terrones de arcilla en el agregado grueso (ASTM C-142-97).....	32
2.1.2.	Caracterización del agregado fino.....	33
2.1.2.1.	Análisis granulométrico (ASTM C-136).....	33
2.1.2.2.	Peso específico del agregado fino (ASTM C-128).....	35
2.1.2.3.	Equivalente de arena (AASHTO T-176).....	36
2.1.2.4.	Contenido orgánico en agregado fino (ASTM C-40)..	37
2.1.2.5.	Terrones de arcilla en el agregado fino (ASTM C- 142).....	39
2.2.	Caracterización del ligante asfáltico.....	42
2.2.1	Comportamiento Reológico – Ensayos sobre el betún original.....	44
2.2.1.1.	Densidad de los materiales bituminosos (ASTM D 70-90)...	44
2.2.1.2.	Punto de inflamación (ASTM D92-12b).....	45
2.2.1.3.	Penetración (ASTM D-5 / DSM-13).....	46
2.2.1.4.	Viscosidad de un asfalto 60 °C (ASTM D 2171/D 2171 M- 10).....	47
2.2.1.5.	Viscosidad Cinemática de asfaltos a 135 °C, a partir del viscosímetro rotatorio (ASTM D4402).....	48
2.2.2.	Ensayo sobre el residuo de perdida por calentamiento – RTFOT.....	49
2.2.2.1.	Viscosidad del asfalto a elevadas temperaturas usando un viscosímetro rotatorio (RTFO) (ASTM D4402/D4402M-12).....	49
2.2.2.2.	Viscosidad de un betún asfáltico 60 °C RTFO.....	50
2.2.2.3.	Ductilidad RTFO (ASTM D 113-07).....	52
2.3.	Selección de agregados y combinación de las fracciones disponibles de agregados para el diseño de mezclas asfálticas.....	54
2.3.1.	Combinación de los agregados pétreos de la Mina La Florida.....	54

2.3.2. Combinación de los agregados pétreos de la Mina Jambelí.....	56
2.4. Determinación de la cantidad de ligante asfáltico para el diseño de mezclas asfálticas.....	58
2.4.1. Determinación del porcentaje de ligante asfáltico para la mezcla con los agregados de la Mina La Florida.....	58
2.4.2. Determinación del porcentaje de ligante asfáltico para la mezcla con los agregados de la Mina Jambelí.....	59

**CAPÍTULO III. DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE UTILIZANDO MATERIALES PETREOS DE LAS MINAS: LA FLORIDA Y JAMBELI**

3.1. Diseño de Mezcla Asfáltica en caliente propuesto.....	60
3.1.1. Cantidad de asfalto en los batches de las mezclas propuestas.....	60
3.1.2. Determinación de la gravedad específica Bulk (ASTHO T166-078)..	61
3.1.3. Determinación de la gravedad específica máxima teórica (ASTHO T209-08).....	64
3.1.4. Determinación del porcentaje óptimo de asfalto Ensayo Marshall (ASTM D6927).....	67
3.1.5. Determinación de la Peladura (ASTM D3625/D3625M-12).....	75
3.1.6. Selección del contenido óptimo de asfalto (Método Marshall).....	76
3.2. Diseño de Mezcla Asfáltica en caliente óptima.....	77
3.2.1. Cantidad de asfalto en los batches de las mezclas óptimas.....	77
3.2.2. Obtención de diámetros y espesores de las briquetas (ASTM D3549)..	78
3.2.3. Determinación de la gravedad específica Bulk (ASTHO T166-078)..	79
3.2.4. Gravedad específica Máxima Teórica (AATHO T209-08).....	80

**CAPÍTULO IV. ENSAYOS DE PROBETAS, OBTENCION DE RESULTADOS Y ANALISIS DE CORRELACION ESTABILIDAD VS. MODULO DE RIGIDEZ**

4.1. Ensayo Módulo de Rigidez para cada tipo de mezcla asfáltica en caliente propuesto, según el Método EN 12697-26:2004 Anexo C, “Indirect tensión in cylindrical specimens Test”	83
4.1.1. Introducción	83
4.1.2. Equipo utilizado	83
4.1.2.1. Pieza para medir deformaciones	85
4.1.2.2. Pieza de alineación	85
4.1.2.3. Preparación de la muestra	86
4.1.2.4. Condiciones de almacenamiento	86
4.1.2.5. Procedimiento de ensayo	87
4.1.2.6. Montaje de la prueba	87
4.1.2.7. Medición de rigidez y deformación	87
4.1.2.8. Cálculos de módulo de rigidez	87
4.1.3. Descripción del ensayo para determinar el módulo de rigidez	89
4.2. Ensayo estabilidad y fluencia para cada tipo de mezcla asfáltica en caliente por el Método Marshall, estandarizado por la American Society Testing and Materials (ASTM) en la norma D1559	91
4.3. Interpretación de resultados y análisis estadístico de correlación	92
4.3.1. Análisis de correlación estabilidad vs módulo de rigidez, para cada tipo de mezcla asfáltica en caliente propuesto	92
4.3.1.1. Calculo estadístico del coeficiente de correlación lineal	92
4.3.1.2. Ajuste del módulo de rigidez (Y') con la ecuación de la línea de tendencia	97

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones	100
5.2. Recomendaciones	102

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	105
---------------------	-----

<b>ANEXOS 1</b> Factores de corrección para calcular la estabilidad corregida.....	108
<b>ANEXOS 2</b> Ensayos de laboratorio.....	109

## RESUMEN

En el presente estudio se analizará si existe correlación entre estabilidad y módulo de rigidez para mezclas asfálticas en caliente. El diseño se efectúa mediante el Método Marshall; empleando agregados de las fuentes de material de las minas: La Florida, ubicada en el km. 08 de la vía Quito, margen izquierdo, Parroquia Nueva Loja, y, Mina Jambelí, ubicada en el km. 23 de la vía Quito, margen izquierdo, Parroquia Jambelí, Provincia de Sucumbíos.

Para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente utilizando el Método Marshall, se establece los siguientes pasos: caracterización de los agregados finos y gruesos, también se realiza la caracterización del ligante asfáltico, luego procedemos con la mezcla de las fracciones de agregados para cada una de las fuentes de materiales y determinamos el contenido óptimo de ligante asfáltico; parte de este proceso es determinar los parámetros de estabilidad, fluencia, densidad y vacíos.

Fabricamos las briquetas con el contenido óptimo de ligante asfáltico y la mezcla de agregados de las fuentes de materiales antes mencionadas, seguido de esto realizamos los ensayos de Módulo de Rigidez y Estabilidad (Ensayo Marshall) para analizar la correlación entre estas variables.

En la presente investigación, lo que se pretende es determinar las propiedades fundamentales de las mezclas, ya que puede sustituir gradualmente los parámetros empíricos (Marshall) y conseguir evaluar la mezcla asfáltica en caliente según su comportamiento mediante la obtención del Módulo de Rigidez. Además, sería de suma importancia, obtener el Módulo de Rigidez en laboratorio o determinándolo en función de la Estabilidad Marshall en caso de existir correlación, ya que este valor se utiliza como variable de entrada en el diseño estructural de pavimentos flexibles (V., Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Modulo de Rigidez para Mezclas Asfálticas en Caliente, empleando Agregados Petreos del Distrito Metropolitano de Quito, 2014).

## ABSTRACT

In the present study we will examine whether there is a correlation between stability and stiffness modulus for hot mix asphalt. The design is performed by the Marshall method; using aggregate material sources mines: La Florida, located at km. Quito route 08, left margin, Parish Nueva Loja, and Jambelí Mina, located at km. 23 of the Quito, left margin, Parish Jambelí , Sucumbios Province pathway.

For the design of the hot mix asphalt using the Marshall method, the following is established: characterization of fine and coarse aggregates, the characterization of asphalt binder is also done, then proceed with the mixture of fractions of aggregates for each sources of material and determine the optimum content of asphalt binder; part of this process is to determine the parameters of stability, creep, density and voids.

We manufacture the briquettes with optimum binder content and asphalt aggregate mixture of the materials mentioned above sources, followed by this assays were done modulus and Stability (Test Marshall) to analyze the correlation between these variables.

In the present investigation, the aim is to determine the fundamental properties of mixtures, since it can gradually replace the empirical parameters (Marshall) and get assess the asphalt hot mix according to their behavior by obtaining the Modulus of Rigidity. It would also be important , get the Modulus of Rigidity laboratory or determining it based on the Marshall Stability if any correlation , as this value is used as input variable in the structural design of flexible pavements (V. , Analysis the correlation between stability and modulus for Hot Asphalt Mixtures using aggregates Petreos the Metropolitan District of Quito , 2014) .

## **CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

Actualmente, la Provincia de Sucumbíos cuenta con el 1.05% (<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>, 2012) del parque automotor del país, con un total de 25,561.00 (Censos, 2014), también debemos considerar que existe un número no determinado de vehículos que ingresan anualmente a la Provincia Sucumbíos, esto se lo realiza por trabajo, por cuanto esta es una Provincia eminentemente Petrolera; ésta situación así como la calidad de los materiales pétreos, ligante asfáltico y mezclas asfálticas, las condiciones climáticas, de drenaje y el mantenimiento y conservación de las vías están ligados con los deterioro prematuro de los pavimentos de la red vial de la ciudad (V., Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Modulo de Rigidez para Mezclas Asfalticas en Caliente, empleando Agregados Petreos del Distrito Metropolitano de Quito, 2014).

En la Provincia de Sucumbíos, la mayoría de las vías y calles en los diferentes cantones están compuestas por pavimentos flexibles, en cuyo diseño se considera las cargas del tránsito, los factores climáticos y las características de las capas de materiales que la conforman. En cuanto a la capa de rodadura, tanto para una carpeta asfáltica nueva, como para una capa de refuerzo se realiza el diseño de la mezcla asfáltica en caliente mediante el Método Marshall, de acuerdo a las “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes” del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOPE), que textualmente establece “Las muestras de hormigón asfáltico serán tomadas de la mezcla preparada de acuerdo con la fórmula maestra de obra, y sometidas a los ensayos según el método Marshall...” (MOP, 2002: p. IV-397), con este método se obtienen parámetros de fluencia, estabilidad, vacíos de la mezcla, vacíos en el agregado mineral y vacíos llenos de asfalto; los cuales deben estar dentro de los rangos establecidos en la norma y se realiza el control de calidad de estos parámetros en laboratorio y en la supervisión de obra.

Debido a las fallas que se evidencian en la superficie de rodamiento ya sea por daños en la carpeta asfáltica (baches y fisuras) y/o en las capas granulares que conforman la estructura de pavimento (ahuellamientos, hundimientos), que ponen en riesgo la seguridad, velocidad, y las condiciones mecánicas de los vehículos es importante realizar la evaluación del estado actual de las vías de la Provincia de Sucumbíos y dependiendo de la magnitud del deterioro y severidad del tipo de daño presente en el pavimento.

El organismo local encargado, tomará la decisión de realizar un mantenimiento vial, si el pavimento inicia su vida útil, está en buen estado y no tienen fallas estructurales; en cambio si se trata de vías deterioradas y han cumplido su período de vida útil o existen fallas en la estructura del pavimento se realizará la rehabilitación pertinente (V., Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Modulo de Rigidez para Mezclas Asfalticas en Caliente, empleando Agregados Petreos del Distrito Metropolitano de Quito, 2014).

## 1.2 Planteamiento del Problema

El Método Marshall es un experimento de laboratorio dirigido al diseño de una adecuada mezcla asfáltica (Caceres, 2007), a través del cual se determina el contenido óptimo de ligante asfáltico, siendo este parámetro solo una parte de un estudio más minucioso, que nos garantice el correcto comportamiento de las mezclas asfálticas. Las fases que se deben considerar en el proyecto de mezcla asfáltica son:

- Las condiciones en las que trabajará la mezcla: tipo de vía (urbana, carretera, aeropuerto, etc.), tránsito, si es un pavimento nuevo o capa de refuerzo, intensidad de tráfico, clima.
- La determinación de propiedades fundamentales de las mezclas, esto es la resistencia a las deformaciones plásticas o la flexibilidad.
- Seleccionar el tipo de mezcla asfáltica de acuerdo a requisitos específicos que implican un análisis económico y su puesta en obra.
- Materiales pétreos para mezclas asfálticas en caliente disponibles en las canteras ubicadas en la Provincia de Sucumbíos y la selección de agregados finos y gruesos que cumplan con las especificaciones MOP-001- F 2002.
- La elección del tipo de ligante asfáltico, según el tipo de mezcla, tránsito y clima.
- Obtención del contenido óptimo de ligante asfáltico, para las mezclas asfálticas en caliente, que emplean diferentes combinaciones de agregados pétreos.
- También hay que considerar las condiciones de drenaje, el sitio donde se construirá el pavimento (topografía, período de lluvias, geometría de la vía, etc.), estructura del camino, seguridad vial entre otros.

Las consideraciones antes descritas son de gran importancia para obtener mezclas asfálticas de calidad y durabilidad que representan un gran ahorro económico a corto y largo plazo. Por lo cual, el presente estudio se enfoca en las propiedades fundamentales de las mezclas asfálticas en caliente; considerar su comportamiento dinámico frente a aplicaciones de carga; esto es a través del módulo de rigidez.

El Método Marshall, es el más empleado en la actualidad por las empresas públicas (Prefectura – Municipios), en la Provincia de Sucumbíos, se utiliza para el control de calidad y el diseño de mezclas asfálticas en caliente; siendo éste un método de carácter empírico, por lo que al analizar si existe correlación entre Estabilidad y Módulo de Rigidez obtenidos mediante el Ensayo Marshall y Módulo de Rigidez, se determina cuál será la deformación de la mezcla asfáltica en condiciones de servicio, al momento de aplicar la carga.

Al existir correlación se obtiene el Módulo de Rigidez a partir de la fórmula maestra, la cual estará en función de los valores obtenidos de la estabilidad Marshall, de las mezclas asfálticas elaboradas con los agregados de las fuentes de materiales pétreos seleccionados en la Provincia de Sucumbíos.

También será de gran importancia, la obtención del Módulo de Rigidez que se realiza en laboratorio o también determinándolo en función de la estabilidad Marshall, en caso

de existir correlación, este valor se utiliza como una de las variables de entrada en el diseño estructural de pavimentos flexibles y de los métodos mecanicistas, que consideran un valor de módulo general obtenido de fórmulas o tablas, asumiendo que el módulo es único y no tiene variación, sin tomar en cuenta que el módulo de Rigidez depende de una serie de parámetros como las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

El principal objetivo es el de analizar la correlación entre la Estabilidad y Módulo de Rigidez de los diseños obtenidos de mezclas asfálticas en caliente, utilizando agregados pétreos provenientes de las minas: La Florida, ubicada en el km. 08 de la vía Quito, margen izquierdo, Parroquia Nueva Loja, y, Mina Jambelí, ubicada en el km. 23 de la vía Quito, margen izquierdo, Parroquia Jambelí, Provincia de Sucumbíos, y de esta manera establecer propiedades fundamentales de las mezclas y no simplemente fundamentarnos en el método experimental, como lo es el método Marshall.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Identificar y determinar las fuentes de materiales pétreos de las minas: La Florida, ubicada en el km. 08 de la vía Quito, margen izquierdo, Parroquia Nueva Loja, y, Jambelí ubicada en el km. 23 de la vía Quito, margen izquierdo, Parroquia Jambelí, Provincia de Sucumbíos, que disponen de agregados calificados para el diseño y fabricación de mezclas asfálticas en caliente.

- Comparar, analizar y ensayar las muestras de los agregados pétreos seleccionados, además del ligante asfáltico.
- Seleccionar y combinar los agregados finos y gruesos de las minas seleccionadas que se van a emplear en el diseño de mezclas asfálticas en caliente.
- Determinar los tipos de mezclas asfálticas en caliente que van a ser incluidas en el presente análisis de correlación.
- Realizar el diseño de las mezclas asfálticas en caliente, según el Método Marshall, para los diferentes tipos de combinación que serán incluidas en la presente investigación.
- Ensayar y analizar los tipos de mezclas asfálticas en caliente obtenidos mediante los ensayos Marshall y Módulo de Rigidez.

- Obtener los resultados de estabilidad y módulo de rigidez de acuerdo a los tipos de mezclas asfálticas en caliente propuestos en el presente estudio.
- Analizar la correlación entre los parámetros estabilidad y módulo de rigidez.

#### **1.4 Hipótesis**

¿Al realizar los ensayos requeridos determinamos si existe correlación entre la Estabilidad y el Modulo de Rigidez para las mezclas asfálticas en caliente que fueron propuestas, esto es utilizando agregados pétreos que provienen de las minas: La Florida, ubicada en el km. 08 de la vía Quito, margen izquierdo, Parroquia Nueva Loja, y, Mina Jambelí, ubicada en el km. 23 de la vía Quito, margen izquierdo, Parroquia Jambelí, Provincia de Sucumbíos?

#### **1.5 Alcance**

El presente trabajo de titulación culminará con la selección de agregados pétreos que provienen de las fuentes de materiales de las minas: La Florida, ubicada en el km. 08 de la vía Quito, margen izquierdo, Parroquia Nueva Loja, y, Jambelí ubicada en el km. 23 de la vía Quito, margen izquierdo, Parroquia Jambelí, Provincia de Sucumbíos, que son extraídas del Rio Aguarico, para realizar el diseño de mezclas asfálticas en caliente, mediante el Método Marshall, fabricación de briquetas con el contenido óptimo de asfalto y la obtención de resultados de Estabilidad y Módulo de Rigidez, para el análisis de la correlación entre éstos dos parámetros.

#### **1.6 Marco Teórico**

##### **1.6.1 Definición de Mezclas Asfálticas**

Las mezclas asfálticas, también reciben el nombre de aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato, de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua. Se fabrican en unas centrales fijas o móviles, se transportan después a la obra y allí se extienden y se compactan (Padilla Rodriguez, Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista, 2004).

Las mezclas asfálticas se utilizan en la construcción de carreteras, aeropuertos, entre otros. Sin olvidar que se utilizan en las capas inferiores de los firmes para tráficos pesados intensos.

Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico. Los componentes mencionados anteriormente son de gran importancia para el correcto funcionamiento del pavimento y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto.

## 1.6.2 Clasificación de Mezclas Asfálticas

En esta se consideran varios parámetros de clasificación para poder establecer las diferencias entre las distintas mezclas, debido a esto se las clasifica de la siguiente manera (Padilla Rodriguez, 2004):

### a) Por fracciones de agregado pétreo empleado:

- Masilla asfáltica: Polvo mineral más ligante.
- Mortero asfáltico: Agregado fino más masilla.
- Concreto asfáltico: Agregado grueso más mortero.
- Macadam asfáltico: Agregado grueso más ligante asfáltico.

### b) Por la temperatura de puesta en obra:

- Mezcla asfáltica en caliente: Fabricada con cemento asfáltico que se calienta a altas temperaturas (rango 150° grados centígrados), dependiendo de la viscosidad del ligante y así permitir que se mezcle con el material pétreo. De igual forma los agregados pétreos son calentados para que al entrar en contacto con el ligante, éste no se enfríe. Es importante anotar que la puesta en obra también se la realiza a temperaturas superiores a la ambiente, para que los materiales puedan extenderse y compactarse.
- Mezcla asfáltica en frío: El ligante que se emplea comúnmente es la emulsión con asfalto fluidificado, ya que se caracteriza por su trabajabilidad a temperatura ambiente y el aumento de la viscosidad es muy lento. Una vez colocada la mezcla asfáltica en frío en capas de espesor reducidos, su endurecimiento es relativamente rápido y el aumento de su resistencia debido a la evaporación del fluidificante (Padilla Rodriguez, Mezclas Asfálticas, Capítulo 3, 2004).

### c) Por la proporción de vacíos de la mezcla asfáltica:

- Mezclas cerradas o densas: Proporción de vacíos no supera el 6%.
- Mezclas semi-cerradas o semi-densas: Proporción de vacíos entre 6% y 10%.
- Mezclas abiertas: Proporción de vacíos mayor al 12%.
- Mezclas porosas o drenantes: Proporción de vacíos al 20%.

**d) Por el tamaño máximo del agregado pétreo:**

- Mezclas gruesas: El tamaño máximo del agregado pétreo es mayor a los 10mm.
- Mezclas finas: Se las conoce también como micro-aglomerados o morteros asfálticos, ya que están compuestas básicamente por árido fino, el cual incluye polvo mineral, mezclado con un ligante asfáltico.

**e) Por la estructura del agregado pétreo:**

- Mezclas con esqueleto mineral: Tiene un esqueleto mineral resistente por lo que el rozamiento interno de los agregados es considerable.
- Mezclas sin esqueleto mineral: No contienen un esqueleto mineral resistente, solo existe resistencia por la cohesión de la masilla.

**f) Por la granulometría:**

- Mezclas continuas: Son mezclas que contienen una cantidad distribuida de diferentes tamaños de agregado pétreo en la faja granulométrica.
- Mezclas discontinuas: en la mezcla la cantidad muy limitada de tamaños de agregado pétreo en el huso granulométrico.

### **1.6.3 Métodos de Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente**

Para obtener una mezcla asfáltica en caliente, se deberá tomar en cuenta que la combinación de cemento asfáltico y agregado pétreo deberá considerar que las proporciones serán exactas, y, éstas determinarán las propiedades físicas de la mezcla y el desempeño de la carpeta asfáltica una vez colocada.

A lo largo de los años los métodos para el diseño de mezclas asfálticas en caliente, han evolucionado, a continuación, detallamos estos métodos:

#### **1.6.3.1 The Hubbard-Field (1920's).**

Método de diseño de mezclas asfálticas, fue uno de los primeros métodos en evaluar contenidos de vacíos en la mezcla y en el agregado mineral. Usaba una estabilidad como prueba para medir la deformación. Funcionó adecuadamente para evaluar mezclas con agregado pequeño o granulometrías finas, pero no también para mezclas con granulometrías que contenían agregados grandes.

Esta norma se aplica solamente a mezclas bituminosas compuestas de árido fino y un material bituminoso. El método está indicado para el ensayo de mezclas fabricadas y extendidas en caliente en las cuales se emplee un ligante bituminoso (Arias, Galvis, Orduna, Rodriguez, & Sanchez, 2013).

La estabilidad viene definida en este ensayo por la máxima resistencia desarrollada por la probeta a 60 °C, cuando se ensaya a extrusión en las condiciones fijadas (<http://www.carreteros.org>, 1973).

### **1.6.3.2 Método Marshall (1930's).**

Los conceptos básicos del método de diseño Marshall (Arenas Lozano) para la dosificación de mezclas asfálticas en caliente “fueron formulados inicialmente por Bruce Marshall”, ingeniero encargado del control de calidad de las mezclas asfálticas del departamento de carreteras de Mississippi, la formulación inicial fue mejorada y completados más tarde por el Cuerpo de Ingenieros de los EE.UU., a través de extensas investigaciones y estudios de correlación, “añadiendo ciertas características de procedimientos del ensayo y desarrollando criterios de diseño para mezclas.

Esta técnica de diseño fue desarrollada por Bruce Marshall (1930) (Marshall, 1930), y, la US Army Corps of Engineers mejoró y agregó ciertos aspectos; motivo por el cual fue normalizado como ASTM 1559 (AASHTO T 245). Actualmente el Método Marshall es uno de los más aplicados para un diseño adecuado de mezcla asfáltica en caliente que contenga agregado con tamaño máximo a 25mm (1”); éste experimento puede emplearse tanto para el diseño en laboratorio como para el control de calidad de la mezcla asfáltica en campo.

El Método Marshall es un experimento encaminado al diseño de una mezcla asfáltica en caliente apropiada a través del análisis de estabilidad, fluencia, densidad y vacíos.

Previo a la ejecución de éste método hay que considerar los siguientes aspectos:

- Los materiales que se va a emplear (agregado pétreo y ligante asfáltico) deben cumplir con las normas establecidas en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP- 001- F 2002, así como la combinación de agregados.
- Determinar las densidades reales secas de todos los agregados y del asfalto para ser empleados en el análisis de huecos de la mezcla.

Con éste método obtenemos el contenido de asfalto óptimo para mezclas asfálticas en caliente, y los parámetros que se estudian durante este procedimiento son:

- Estabilidad y fluencia Marshall: nos asegura que la mezcla no sufrirá deformación.
- Vacíos de aire de la Mezcla: inferiores al 3% tienden a producir inestabilidad y exudación, mayores al 5% producen mezclas permeables al aire y agua, por lo que son propensas a sufrir envejecimiento prematuro y posterior desintegración.

- Vacíos en el Agregado Mineral (VAM): controlar que existe suficiente espacio en el agregado para alojar el asfalto.
- Vacíos Llenos de Asfalto (VFA): asegurar la durabilidad de la mezcla.

Las mezclas elaboradas en laboratorio son analizadas para determinar su desempeño en la estructura del pavimento, el método Marshall se basa en el análisis de cuatro características de la mezcla, lo que influye en la respuesta de la mezcla durante su vida útil (Acosta Vera, 2014) (Ver gráfico No. 1.1), estas características son:

**Densidad.** - Esta dada como su peso unitario, si la densidad es alta, el pavimento tendrá una mayor vida útil.

En el laboratorio las pruebas y el análisis de diseño de mezclas, la densidad de la muestra compactada se expresa, generalmente en kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>) o libras por pie cúbico (Lb/ft<sup>3</sup>).

Para calcular la densidad se multiplica la gravedad específica total de la mezcla por la densidad del agua (1000kg/m<sup>3</sup> o 62.416Lb/ft<sup>3</sup>). La densidad patrón es la obtenida en el laboratorio, y, es usada como referencia para determinar si la densidad del pavimento terminado es o no el adecuado. Las especificaciones indican que la densidad del pavimento sea un porcentaje de la densidad del laboratorio. Esto sucede porque la compactación in situ, obtiene densidades diferentes a las densidades que se obtienen en el laboratorio ya que son métodos normalizados de compactación.

**Vacíos de aire.** - Definidos como espacios pequeños de aire en los agregados revestidos de asfalto en la mezcla final compactada. Para las mezclas densamente graduadas es necesario que contengan cierto porcentaje de vacíos para lograr una compactación adicional al momento de entrar en servicio.

Dependiendo del diseño específico el porcentaje permitido de vacíos esta entre 3% y 5%.

La vida útil de un pavimento asfáltico es función del contenido de vacíos. La base de este concepto es que, a menor cantidad de vacíos, menor permeabilidad de la mezcla, y, a mayor cantidad de vacíos mayor será el deterioro, pues a través de estos vacíos el agua y el aire se introducirán, y, si el contenido de vacíos es bajo producirá que el asfalto salga a la superficie, produciéndose de esta manera el fenómeno de exudación del asfalto.

Por lo tanto, la densidad y el contenido de vacíos están relacionados directamente.

Así a mayor densidad, menor porcentaje de vacíos y viceversa. Para una mezcla aceptable las especificaciones indican que la densidad permita acomodar el menor porcentaje de vacíos, que deberá ser menor al 8%.

**Vacíos en el agregado mineral (VAM).** - Son espacios de aire existentes entre las partículas del agregado mineral en una mezcla compactada, y, los espacios que están llenos de asfalto.

En estos espacios se acomoda el volumen efectivo de asfalto menos el porcentaje que se pierde, por absorción en el agregado. A mayor VMA mayor espacio disponible para el recubrimiento del asfalto. Los valores mínimos para el VMA recomendados y especificados en función del tamaño del agregado. Si la película de asfalto que recubre el agregado es más grueso, mayor será la durabilidad de la mezcla.

El VAM debe tener valores mínimos para un espesor recomendable del recubrimiento en una mezcla durable. El aumento de la densidad por graduación del agregado, en donde se obtengan valores del VAM por debajo del mínimo especificado, resulta en recubrimientos delgados de asfalto, como consecuencia se obtendrán mezclas secas de corta vida útil. No es recomendable disminuir el VAM para economizar en el contenido de asfalto (Caceres Morales, 2007).

**Contenido de asfalto.** - La cantidad de asfalto en una mezcla es de gran importancia por lo que se determina en laboratorio, y, para control en la obra. Este contenido de asfalto se determina de acuerdo a los criterios del método de diseño y están en función de la granulometría y absorción del material pétreo.

Si la graduación de la mezcla contiene más finos tendrá una mayor superficie total, por lo tanto, tendrá mayor cantidad de asfalto requerida para cubrir las caras de todas las partículas. Si la mezcla contiene agregado grueso, menor será el área total, y, menor la cantidad de asfalto.

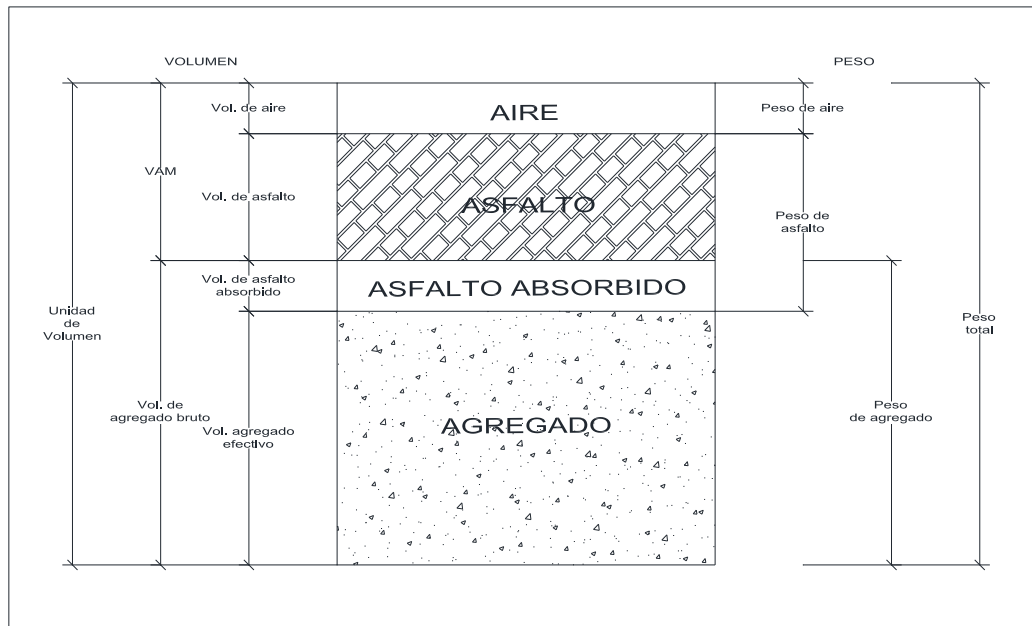
A mayor contenido de relleno mineral este podrá absorber mayor contenido de asfalto y dar como resultado una mezcla inestable y seca, y, a poco relleno mineral el resultado será una mezcla húmeda.

Las variaciones en el contenido de relleno mineral, producirá cambios en las propiedades de la mezcla, variando de seca a húmeda.

Existen dos tipos de asfalto, cuando este se refiere al asfalto absorbido, y, al no absorbido, estos son (Duriez, CAPITULO V - DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS):

- **El contenido total de asfalto.** - Cantidad de asfalto que debe ser incluido en la mezcla para tener las cualidades deseadas en la mezcla. El contenido efectivo de asfalto.
- **El contenido efectivo de asfalto.** - Es el volumen de asfalto no absorbido por el agregado, este constituye la cantidad de asfalto de recubrimiento efectivo sobre las caras de los agregados. Y se lo obtiene al restar la cantidad absorbida de asfalto del contenido total de asfalto.

Grafico No. 1.1: Grafico de volúmenes en una briqueta compactada de mezcla asfáltica (Duriez, pág. 63)



### 1.6.3.3 Método Hveem (1930's).

El método de Hveem para proyecto y comprobación de mezclas asfálticas comprende los tres ensayos principales siguientes:

1. Ensayo del estabilometro.
2. Ensayo del cohesiometro.
3. Ensayo del equivalente centrifugo en queroseno (CKE)

Los ensayos del estabilometro y del cohesiometro son aplicables a mezclas que contengan betún asfáltico o asfaltos líquidos y áridos cuyo tamaño no exceda de 1".

Las probetas de 2 1/2" de altura y 4" de diámetro se compactan por procedimientos normalizados en un compactador por amasado (ingenieriacivilfacil, 2014).

### 1.6.3.4 Método de la Western Association of State Highway on Transportation Officials WASHTO (1984).

Este método de diseño de mezclas recomendó cambios en los requerimientos del material y especificaciones de diseño de mezclas para mejorar la resistencia a las roderas (DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.DOCX, 2014).

### **1.6.3.5 Método de Asphalt Aggregate Mixture Analysis System. AAMAS (1987).**

La necesidad de cambios en el diseño de mezclas fue reconocida, tardaron 2 años para desarrollar un nuevo proyecto para el diseño de mezclas, que incluía un nuevo método de compactación en laboratorio y la evaluación de las propiedades volumétricas, desarrollo de pruebas para identificar las deformaciones permanentes, grietas de fatiga y resistencia a las grietas a baja temperatura (Geoge Arias, Mezclas Asfálticas, 2014).

### **1.6.3.6 Método SUPERPAVE (1993).**

El método AAMAS, sirvió como punto de inicio del método SUPERPAVE, que contiene un nuevo diseño volumétrico completo de mezcla, con funcionamiento basado en predicción a través de modelos y métodos de ensayo en laboratorio, grietas por fatiga y grietas por baja temperatura.

Los modelos de predicción de funcionamiento fueron completados satisfactoriamente hasta el año 2000.

El diseño volumétrico de mezclas en el SUPERPAVE es actualmente implementado en varios estados de los EUA, debido a que ha sido reconocida una conexión entre las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica caliente y su correcto funcionamiento. Tiene su resultado, ahora la aceptación en el control de calidad ha sido cambiada a propiedades volumétricas. SUPERPAVE promete un funcionamiento basado en métodos o ensayos de laboratorio que pueden ser usados para identificar la resistencia a las deformaciones plásticas de los pavimentos (Geoge Arias, Mezclas Asfálticas, 2014).

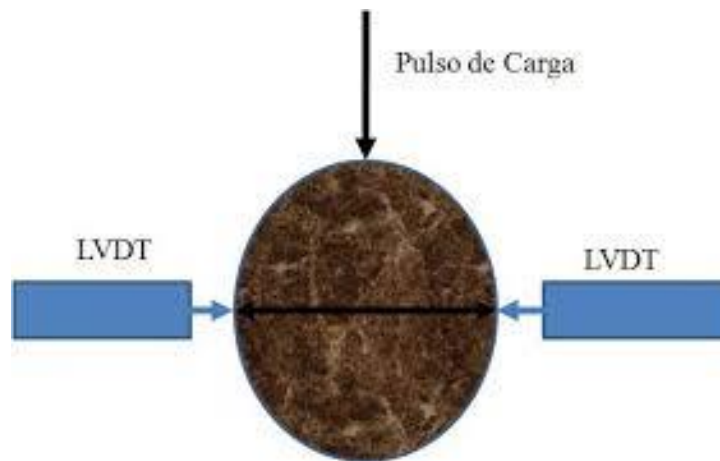
El Método SUPERPAVE, evalúa de forma individual los siguientes componentes:

- **Granulometría:** ha modificado el enfoque de la granulometría Marshall, empleando una técnica gráfica única para juzgar la distribución de tamaños acumulados de partículas de una mezcla de agregados. Propone un diseño de la estructura del agregado que pase entre los puntos de control y evite la zona de restricción.
- **Especificaciones de la metodología:** la selección del contenido óptimo de asfalto depende de los criterios establecidos para compactación y el número de giros aplicados. La selección del número de giros está en función de la temperatura ambiente y del número de ejes equivalentes (ESAL's) establecidos en el diseño.
- **Pruebas a las mezclas asfálticas:** corresponde a las propiedades volumétricas como son vacíos de aire, vacíos del agregado mineral y vacíos llenos de asfalto. Otros requerimientos son la proporción de polvo en la mezcla asfáltica y la susceptibilidad a la humedad "Resistencia de mezclas bituminosas compactadas al daño inducido por humedad".

#### 1.6.4 Módulo de Rigidez

Para el diseño estructural de pavimentos, y, por ser considerado un sistema multicapa elástico lineal, el módulo de rigidez es un parámetro requerido y mediante equipos especializados, ya sea mediante probetas elaboradas en un laboratorio o por testigos extraídos de vías existentes, el ensayo se lo realiza para obtener el valor del módulo de rigidez (Comité Europeo de Normalización), para la determinación del módulo en laboratorio según el método EN 12697-26: 2004 Anexo C, "Indirect tension in cylindrical specimens Test", se fabrica una probeta cilíndrica normalizada de dimensiones 63.5 mm de altura, por 101.6 mm de diámetro y se aplica un pulso de carga haversine sobre el manto lateral, y se mide la deformación axial en cada ciclo de carga. **Con este procedimiento (pulso haversine) se quiere simular lo que pasa en el pavimento en dos situaciones: cuando la rueda de un camión está a una distancia considerable de un punto en el pavimento, la tensión en este punto es cero; cuando la rueda se encuentra exactamente en el punto, la tensión es máxima. El tiempo de duración del pulso de carga depende de la velocidad del camión y de la profundidad bajo la superficie del pavimento.**

Grafico No. 1.2: Ensayo de modulo por carga indirecta (PALMA, 2010)



El módulo complejo corresponde a la relación entre el esfuerzo y la deformación para un material viscoelástico (cemento asfáltico) y el módulo de rigidez corresponde al valor absoluto del módulo complejo, o el valor del módulo secante, es decir, a la relación entre el esfuerzo y la deformación en un tiempo de carga "t", para un material sujeto a una carga con una tasa de deformación controlada. De esta forma, para bajas temperaturas (rango elástico), el Módulo Complejo es igual al Módulo de Rigidez (Gonzalo Palma, 2010).

La diferencia conceptual que existe entre Módulo Resiliente y Módulo de Rigidez, está en que para la determinación del Módulo de Rigidez se considera la deformación producida en el momento de aplicar la carga, y para la obtención del Módulo Resiliente se considera la deformación recuperable luego de aplicar la carga. Dadas las

características viscoelásticas de la mezcla asfáltica, la deformación recuperable se separa en dos componentes: La deformación recuperable en forma instantánea luego de finalizar el pulso de carga, y la deformación recuperable total, que se produce con un pequeño desfase luego de eliminada la carga, es por eso que en cuanto al módulo resiliente se habla de Módulo Instantáneo y Módulo Total.

### **1.7 Análisis de Fuentes de Materiales Pétreos en la Provincia de Sucumbíos para el diseño y fabricación de mezclas asfálticas en caliente.**

El término de material se emplea para designar de manera general a los sitios en donde existen materiales de construcción sin identificar su naturaleza. Para especificar el origen del material pétreo, se denomina cantera al afloramiento rocoso que está siendo explotado o existe algún estudio para la construcción de carretas y se presentan las rocas sanas, meteorizadas, muy fracturadas, etc., y se designa mina a los materiales granulares depositados en sitios determinados por algún agente dinámico como el agua; siendo más relevantes los materiales aluviales compuestos por cantos rodados, gravas y arenas; o también el concepto de mina puede emplearse para ciertos tipos materiales que sean fácilmente removibles (depósito glaciar, areniscas, conglomerados poco cementados, etc.).

El origen de los materiales de construcción es de carácter geológico, el Ecuador se divide en tres regiones con importantes rasgos geomorfológicos (Ministerio de Obras Públicas del Ecuador, Departamento de Geotecnia, MOP, 1986) que son la Región Costa, Interandina y Amazónica.

#### **1.7.1 Relieve**

La arquitectura general del relieve de la Provincia de Sucumbíos está directamente relacionada con la edificación de la Cordillera de los Andes, sobre la línea de encuentro entre dos placas con movimientos en sentidos opuestos. La una, al este, es la terminación occidental del gran zócalo continental cristalino guyano-brasileño que se desplaza hacia el oeste donde se encuentra con la placa oceánica de Nazca-Cocos, compuesta de rocas básicas, caracterizada por un movimiento opuesto hacia el este. A la misma época, la cuenca Amazónica es la sede de una sedimentación de tipo continental y lacustre, que sobre yacen las rocas sedimentarias de plataforma del Mesozoico tardío y la corteza continental Pre-cámbrica; estos depósitos detríticos y localmente carbonatos (conglomerados, areniscas, arcillas y calizas) tienen una potencia de más de 5 Km, la cuenca es asimétrica, con su eje de depositación cercano a las estribaciones orientales (Gobierno Autonomo Descentralizado de la Provincia de Sucumbíos, 2015).

Generalmente el relieve de la Provincia, en los cantones Sucumbíos y gran parte de Gonzalo Pizarro, es bastante irregular, apreciándose pendientes muy fuertes, por constituir las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes; mientras que en los cantones Casales, Lago Agrio, Cuyabeno, Shushufindi y Putumayo, presentan pendientes que van desde plano, moderado y fuerte, que mayormente constituyen el territorio provincial.

### 1.7.2 Geología

De este a oeste, la provincia de Sucumbíos puede dividirse en dos grandes regiones: La Planicie de la Cuenca Amazónica y la Zona Montañosa de las Estribaciones de la Cordillera Real (SIGAGRO, 2008).

- La Cordillera Real presenta exclusivamente facies metamórficas, que tiene como origen orogénesis pre-andina. Está representada por el grupo Llanganates y su metamorfismo es de grado medio a bajo.
- La Zona de Planicies de la región oriental, con clima cálido húmedo característico, principales direcciones de drenaje son dos: hacia el Este por los ríos que conforman parte de la cuenca norte del río Napo y cuenca sur del río San Miguel, y los ríos que provienen de las estribaciones de la Cordillera; y, hacia el sur por drenajes que nacen en la misma Cordillera Real.

### 1.7.3 Suelos

Los suelos de la provincia de Sucumbíos y su distribución geográfica presentan criterios diferenciadores o propiedades particulares referentes a: material de origen morfológico, propiedades físicas y químicas, así como características climáticas y de relieve (ECORAE, 2002). Un estudio realizado en la provincia de Sucumbíos por MAGAP/SIGAGRO/GPS (2008), identifica 40 Subgrupos de suelos.

Mayoritariamente el territorio de la provincia de Sucumbíos lo conforman los suelos de tipo III, IV, V, VI, VII, VIII de la Clase 2, 3, 4; con limitaciones fuertes a muy fuertes; estos suelos cubren la totalidad del territorio de los cantones Putumayo, Cuyabeno, Shushufindi, Lago Agrio, Cáscales, Sucumbíos y Gonzalo Pizarro. La textura oscila entre arcilloso-arenoso, arcillo-limoso, franco arenoso, arcilloso, arcilla pesada, arena - muy fina, fina, media y grande (MAE/MAGAP, 2014).

**Clase III.-** Agricultura con moderadas limitaciones, Suelos: Pendiente (%) menor a 12; Profundidad efectiva (cm) mayor a 20; Textura Superficial grupo 1, 2, 3 y 4; con una Fertilidad alta, mediana y baja; Salinidad (dS/m) menor a 8; Toxicidad sin o nula, ligera y media; Drenaje excesivo, moderado y bueno; Zonas de Humedad, seca, muy húmeda y muy seca; y Regímenes de Temperatura del Suelo Ishipertermico, isotérmico e Isomesico.

**Clase IV.-** Agricultura con limitaciones importantes, Suelos: Pendiente (%) menor a 25; Profundidad efectiva (cm) mayor a 20; Textura Superficial cualquiera; con una Fertilidad alta, mediana y baja; Salinidad (dS/m) cualquiera; Toxicidad cualquiera; Drenaje cualquiera; Zonas de Humedad, seca, muy húmeda y muy seca e hiper-humeda; y Regímenes de Temperatura del Suelo Ishipertermico, isotérmico e isomesico.

**Clase V.-** Agricultura con limitaciones muy Importantes, Suelos: Pendiente (%) hasta 12; Profundidad efectiva (cm) cualquiera; Textura Superficial cualquiera; con una

Fertilidad cualquiera; Salinidad (dS/m) cualquiera; Toxicidad cualquiera; Drenaje cualquiera; Zonas de Humedad, húmeda, seca, muy húmeda y muy seca; y Regímenes de Temperatura del Suelo Ishipertermico, isotérmico e isomesico.

**Clase VI.** - Tierras con aptitud para pastos, Pendiente (%) menor a 40; Profundidad efectiva (cm) mayor a 50; Textura Superficial cualquiera; con una Fertilidad cualquiera; Salinidad (dS/m) cualquiera; Toxicidad cualquiera; Drenaje cualquiera; Zonas de Humedad, húmeda, seca, muy húmeda y muy seca; y Regímenes de Temperatura del Suelo Ishipertermico, isotérmico e isomesico.

**Clase VII.**- Tierras Aptas Para Bosques Protectores, Suelos: Pendiente (%) menor a 70; Profundidad efectiva (cm) mayor a 20; Textura Superficial cualquiera; con una Fertilidad cualquiera; Salinidad (dS/m) cualquiera; Toxicidad cualquiera; Drenaje cualquiera; Zonas de Humedad, cualquiera; y Regímenes de Temperatura del Suelo Ishipertermico, isotérmico e isomesico.

**Clase VIII.**- No Aptas Para Producción, Suelos: Pendiente (%) cualquiera; Profundidad efectiva (cm) cualquiera; Textura Superficial cualquiera; con una Fertilidad cualquiera; Salinidad (dS/m) cualquiera; Toxicidad cualquiera; Drenaje cualquiera; Zonas de Humedad, cualquiera; y Regímenes de Temperatura del Suelo-cualquiera.

### **1.7.3.1 Fuente de agregados pétreos provenientes de la mina La Florida.**

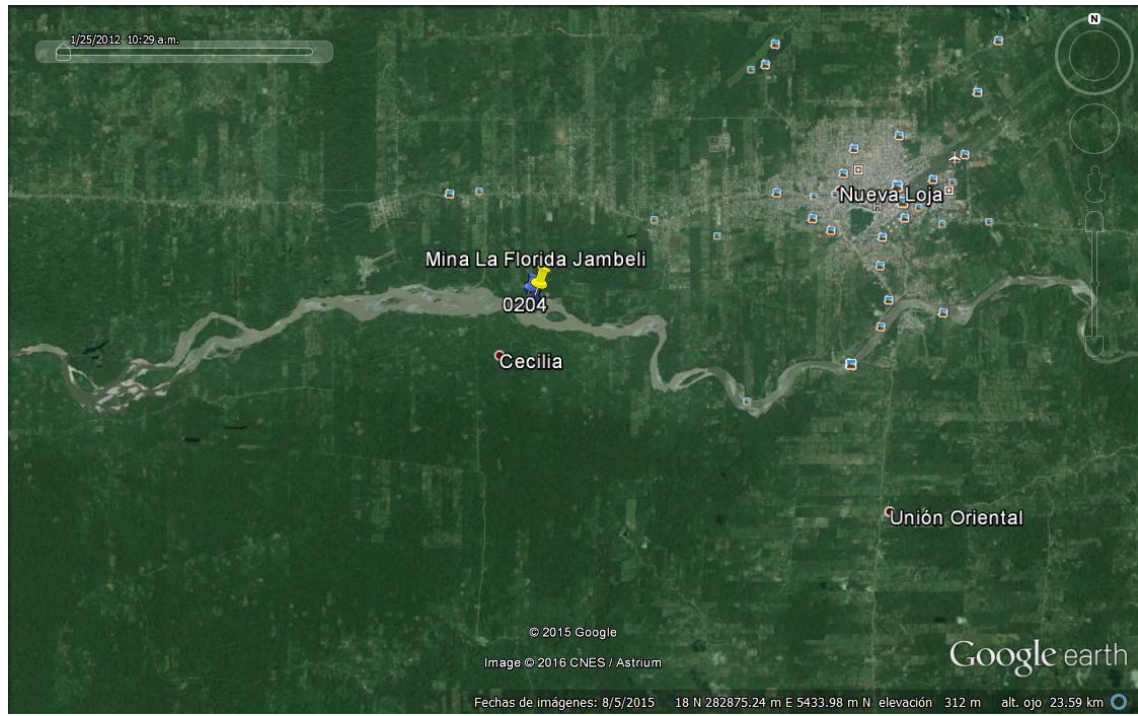
#### **1.7.3.1.1 Ubicación**

La mina La Florida se encuentra ubicada en el km. 8 de la vía Quito (Troncal Amazónica - E45), margen izquierdo, de la Parroquia Nueva Loja, está mina se encuentra concesionada para su explotación minera al Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Sucumbíos, el material pétreo se lo obtiene del Río Aguarico.

Las coordenadas de la mina La Florida son:

- E= 281962
- N= 10006931
- A= 299 msnm.

**Foto No. 1.1.- Ubicación Geográfica de la Fuente de Material de la Mina La Florida**



**Fotografía No. 1.2.- Mina La Florida**



### **Fotografía No. 1.3.- Planta de Asfalto**



#### **1.7.3.1.2 Descripción del tipo de material**

Deposito aluvial, donde encontramos materiales como gravas y arenas; los fragmentos rocosos extraídos del río con excavadoras de oruga, luego pasan por un proceso de trituración para obtener los tamaños de agregados requeridos.

#### **1.7.3.1.3 Usos en la construcción**

Los agregados pétreos del Río Aguarico se pueden emplear como: sub-base, base, mezclas asfálticas y hormigones.

#### **1.7.3.1.4 Volumen**

Los materiales de estos depósitos aluviales, de acuerdo al reconocimiento geológico, prestan condiciones favorables para su explotación como materiales de construcción para la construcción de vías, el volumen de material existente en esta mina es alto.

El volumen de explotación es de aproximadamente 1100 m<sup>3</sup> por día, y, la recuperación de esta se da por acarreo y las constantes crecidas del Río Aguarico.

#### **1.7.3.1.5 Carpeta de Rodadura**

Referencia. - Sección 405.- Capas de Rodadura. Manual MTOP-001-F-2002

La capa de rodadura, podrá ser de hormigón asfáltico tipo A – B, mezclado en planta y en caliente con tamaño nominal de agregado igual a 3/4”.

Los agregados serán triturados por lo menos el 50%, y, deben tener un desgaste máximo de 40% de acuerdo al ensayo de los Ángeles y no arrojará una pérdida de masa mayor al 12% al ensayo de Sulfato de Sodio, y, la porción que pase el Tamiz No. 40 deberá tener un índice de plasticidad menor a 4.

El material cumple las exigencias de las especificaciones del MTOP-001-F-2002, señaladas en la **Sección 811.- AGREGADOS PARA HORMIGON ASFALTICO.**

### **1.7.3.2 Fuente de agregados pétreos provenientes de la mina Jambelí**

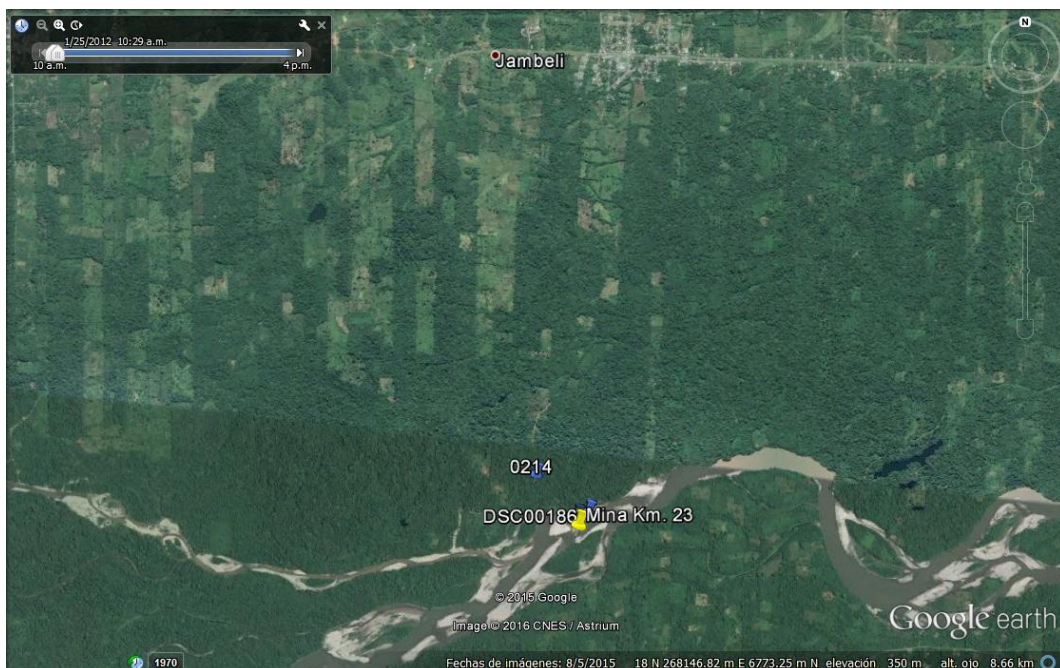
#### **1.7.3.2.1 Ubicación**

La mina: Jambelí, ubicada en el km. 23 de la vía Quito (Troncal Amazónica - E45), margen izquierdo, Parroquia Jambelí, Provincia de Sucumbíos, esta mina se encuentra concesionada para su explotación minera al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Jambelí, el material pétreo se lo obtiene del Río Aguarico.

Las coordenadas de la mina Jambelí son:

- E= 268629
- N= 10005247
- A= 328

#### **Foto No. 1.4.- Ubicación Geográfica de la Fuente de Material de la Mina Jambelí**



**Fotografía No. 1.5.- Mina Jambelí**



**Fotografía No. 1.6.- Mina Jambelí – Stock**



#### **1.7.3.2.2 Descripción del tipo de material**

Deposito aluvial, donde encontramos materiales como gravas y arenas; los fragmentos rocosos extraídos del río con excavadoras de oruga, luego pasan por un proceso de trituración para obtener los tamaños de agregados requeridos.

#### **1.7.3.2.3 Usos en la construcción**

Los agregados pétreos del Río Aguarico se pueden emplear como: sub-base, base, mezclas asfálticas y hormigones.

#### **1.7.3.2.4 Volumen**

Los materiales de estos depósitos aluviales, de acuerdo al reconocimiento geológico, prestan condiciones favorables para su explotación como materiales de construcción para la construcción de vías, el volumen de material existente en esta mina es alto.

El volumen de explotación es de aproximadamente 550 m<sup>3</sup> por día, y, la recuperación de esta se da por acarreo y las constantes crecidas del Río Aguarico.

#### **1.7.3.2.5 Carpeta de Rodadura**

Referencia. - Sección 405.- Capas de Rodadura. Manual MTOP-001-F-2002

La capa de rodadura, podrá ser de hormigón asfáltico tipo A – B, mezclado en planta y en caliente con tamaño nominal de agregado igual a 3/4”.

Los agregados serán triturados por lo menos el 50%, y, deben tener un desgaste máximo de 40% de acuerdo al ensayo de los Ángeles y no arrojará una pérdida de masa mayor al 12% al ensayo de Sulfato de Sodio, y, la porción que pase el Tamiz No. 40 deberá tener un índice de plasticidad menor a 4.

El material cumple las exigencias de las especificaciones del MTOP-001-F-2002, señaladas en la **Sección 811.- AGREGADOS PARA HORMIGON ASFALTICO.**

## CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS Y LIGANTE ASFALTICO

### 2.1 Caracterización de los Materiales

Las propiedades de los agregados es un factor preponderante en muchas de las elecciones para la obtención de una mezcla óptima, por lo tanto, es necesario realizar los ensayos que están normados por la American Society Testing and Materials (ASTM) y/o American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (Lagla Yanez, 2014).

#### 2.1.1 Caracterización de agregado grueso

##### 2.1.1.1 Análisis granulométrico de agregado gruesos (ASTM C 136)

###### Alcance. -

El presente método de prueba cubre la determinación de la distribución del tamaño de partículas de agregados finos y gruesos mediante cribado.

Algunas especificaciones para los agregados que hacen referencia a este método contienen requerimientos de clasificación que incluyen tanto fracciones de agregados gruesos como agregados finos. Se incluyen las instrucciones para la determinación granulométrica de dichos agregados (GEEKS, 2011).

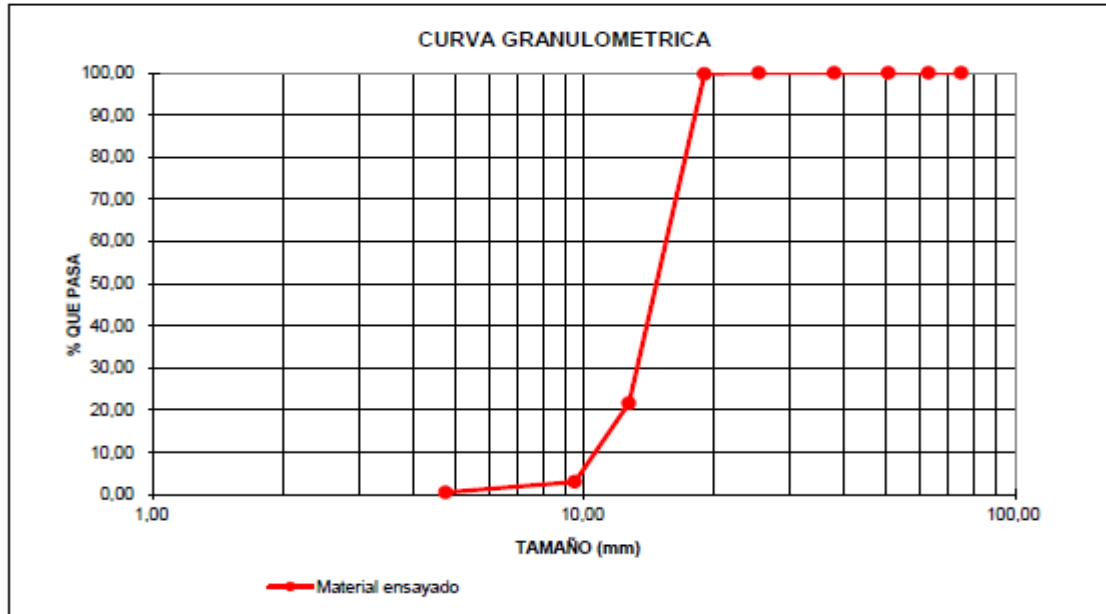
###### Resultados. -

Localización: La Florida  
Norma: ASTM C136  
Tamaño máximo nominal del agregado: 3/4 pulg.  
Tamaño máximo del agregado: 1 pulg.

**Tabla No. 2.1:** Granulometría material 3/4" (Mina La Florida)

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA	MASA	PORCENTAJE	PORCENTAJE
		RETENIDA PARCIAL	RETENIDA ACUMULADA	RETENIDO (%)	QUE PASA (%)
1"	25,40	0	0	0	100
3/4"	19,00	96	98	0,25	99,75
1/2"	12,70	30260	30358	78,27	21,73
3/8"	9,51	7250	37608	96,97	3,03
No. 4	4,76	975	38583	99,48	0,52
Pasa N° 4		202	202		
SUMA		38785	38785		

**Grafico No. 2.1:** Curva granulométrica material 3/4" (Mina La Florida)

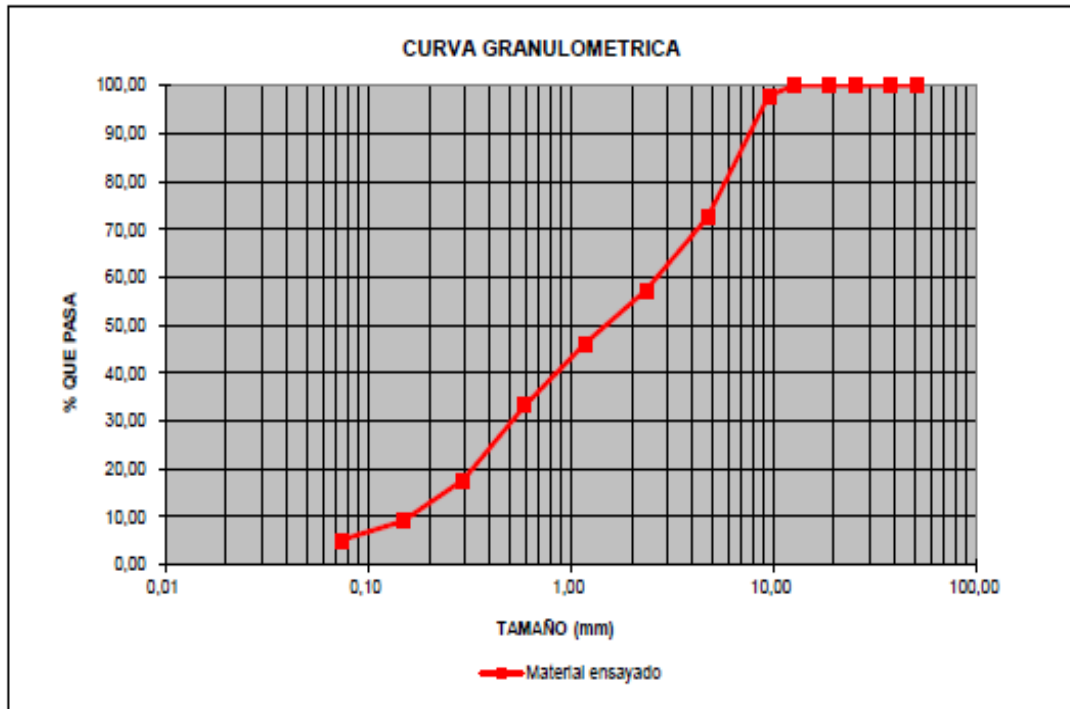


Localización: La Florida  
 Norma: ASTM C136  
 Tamaño máximo nominal del agregado: 3/8 pulg.  
 Tamaño máximo del agregado: 1/2 pulg.

**Tabla No. 2.2:** Granulometría material 3/8" (Mina La Florida)

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA	MASA	PORCENTAJE	PORCENTAJE
		RETENIDA PARCIAL	RETENIDA ACUMULADA	RETENIDO (%)	QUE PASA (%)
3/4"	19,00	0	0	0,00	100,00
1/2"	12,70	0	0	0,00	100,00
3/8"	9,51	30	30	2,15	97,85
No. 4	4,76	348	377	27,50	72,50
No. 8	2,36	209	586	42,71	57,29
No. 16	1,18	153	739	53,82	46,18
No. 30	0,60	177	916	66,73	33,27
No. 50	0,30	213	1129	82,25	17,75
No. 100	0,15	118	1247	90,86	9,14
No. 200	0,07	54	1301	94,81	5,19
Pasa N° 200		71	71		
SUMA		1373	1373		

**Grafico No. 2.2:** Curva granulométrica material 3/8" (Mina La Florida)



Localización: Jambelí

Norma: ASTM C136

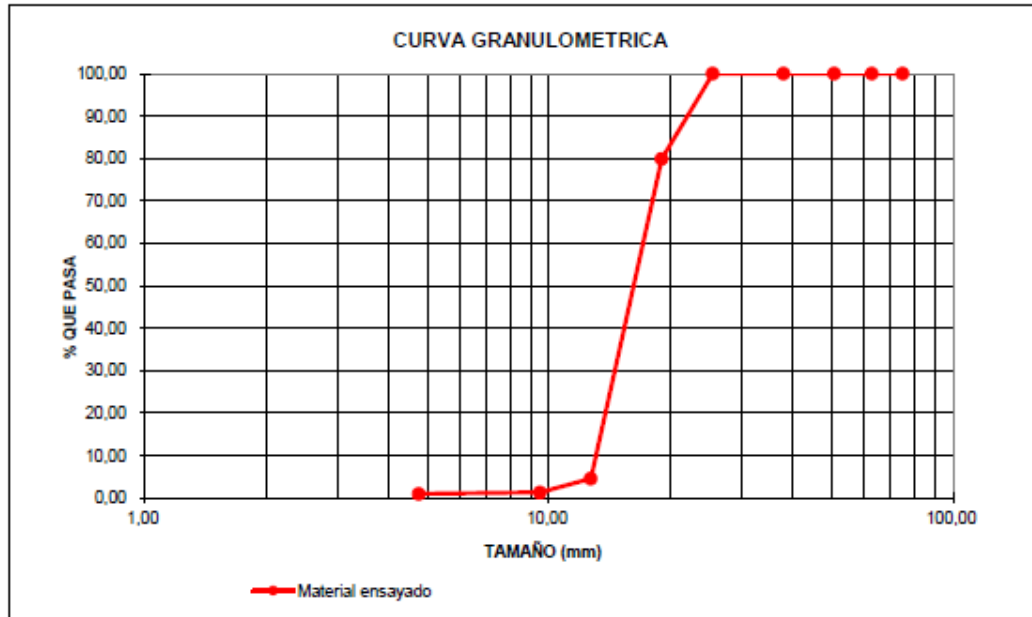
Tamaño máximo nominal del agregado: 3/4 pulg.

Tamaño máximo del agregado: 1 pulg.

**Tabla No. 2.3:** Granulometría material 3/4" (Mina Jambelí)

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA	MASA	PORCENTAJE	PORCENTAJE
		RETENIDA PARCIAL	RETENIDA ACUMULADA	RETENIDO (%)	QUE PASA (%)
1"	25.40	0	0	0.00	100.00
3/4"	19.00	8519	8519	20.08	79.92
1/2"	12.70	31968	40487	95.41	4.59
3/8"	9.51	1385	41872	96.68	1.32
No. 4	4.76	131	42003	96.99	1.01
Pasa N° 4		430	430		
SUMA		42433	42433		

**Grafico No. 2.3:** Curva granulométrica material 3/4" (Mina Jambelí)

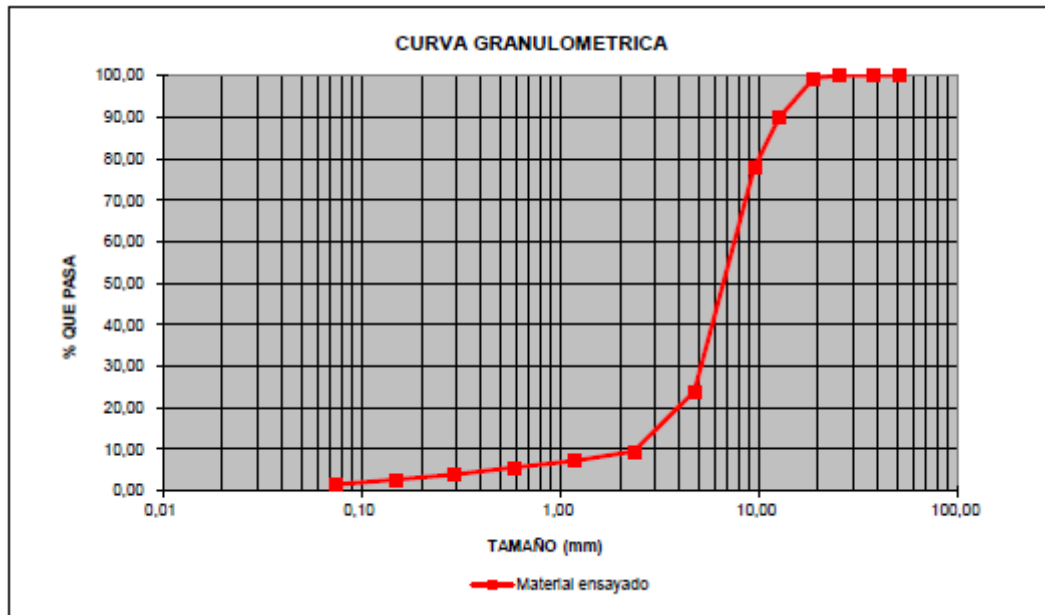


Localización: Jambelí  
 Norma: ASTM C136  
 Tamaño máximo nominal del agregado: 3/8 pulg.  
 Tamaño máximo del agregado: 1/2 pulg.

**Tabla No. 2.4:** Granulometría material 3/8" (Mina Jambelí)

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA	MASA	PORCENTAJE	PORCENTAJE
		RETENIDA PARCIAL	RETENIDA ACUMULADA	RETENIDO (%)	QUE PASA (%)
1"	25,40	0	0	0,00	100,00
3/4"	19,00	152	152	0,65	99,35
1/2"	12,70	2204	2356	10,10	89,90
3/8"	9,51	2848	5204	22,31	77,69
No. 4	4,76	12527	17731	76,02	23,98
No. 8	2,36	3374	21105	90,49	9,51
No. 16	1,18	524	21629	92,73	7,27
No. 30	0,60	370	21999	94,32	5,68
No. 50	0,30	402	22401	96,04	3,96
No. 100	0,15	296	22697	97,31	2,69
No. 200	0,07	268	22965	98,46	1,54
Pasa N° 200		359	359		
SUMA		23324	23324		

**Grafico No. 2.4:** Curva granulométrica material 3/8" (Mina Jambelí)



**2.1.1.2 Gravedad Especifica y Absorción del agregado grueso (ASTM C-127)**

**Alcance. -**

Este ensayo tiene por objeto la determinación del peso específico aparente y del peso específico “bulk”, lo mismo que la cantidad de agua que se absorbe en el agregado grueso cuando se sumerge en agua por un periodo de 24 horas, expresada como un porcentaje en peso (Densidad, 2013).

**Resultados. -**

**Tabla No. 2.5:** Peso específico y absorción del agregado grueso 3/4" (Mina La Florida)

Masa de la muestra seca	(A)	4.277,00 gr
Masa de la muestra saturada con superficie seca	(B)	4.320,00 gr
Masa aparente de la muestra saturada con superficie seca	(C)	2.671,00 gr
Gravedad especifica seca (Ge)	A/B-C	2,59
Gravedad especifica saturada con superficie seca (Ges)	B/B-C	2,62
Gravedad especifica aparente (Gea)	A/A-C	2,66
Porcentaje de absorción (Ab)	(B-A)/A*100	1,01 %

**Tabla No. 2.6:** Peso específico y absorción del agregado grueso 3/8" (Mina La Florida)

Masa de la muestra seca	(A)	2.209,00 gr
Masa de la muestra saturada con superficie seca	(B)	2.237,00 gr
Masa aparente de la muestra saturada con superficie seca	(C)	1.341,00 gr
Gravedad específica seca (Ge)	A/B-C	2,47
Gravedad específica saturada con superficie seca (Ges)	B/B-C	2,50
Gravedad específica aparente (Gea)	A/A-C	2,54
Porcentaje de absorción (Ab)	(B-A)/A*100	1,27 %

**Tabla No. 2.7:** Peso específico y absorción del agregado grueso 3/4" (Mina Jambelí)

Masa de la muestra seca	(A)	4.699,00 gr
Masa de la muestra saturada con superficie seca	(B)	4.739,00 gr
Masa aparente de la muestra saturada con superficie seca	(C)	2.954,00 gr
Gravedad específica seca (Ge)	A/B-C	2,63
Gravedad específica saturada con superficie seca (Ges)	B/B-C	2,65
Gravedad específica aparente (Gea)	A/A-C	2,69
Porcentaje de absorción (Ab)	(B-A)/A*100	0,85 %

**Tabla No. 2.8:** Peso específico y absorción del agregado grueso 3/8" (Mina Jambelí)

Masa de la muestra seca	(A)	3094,00 gr
Masa de la muestra saturada con superficie seca	(B)	3126,00 gr
Masa aparente de la muestra saturada con superficie seca	(C)	1946,00 gr
Gravedad específica seca (Ge)	A/B-C	2,62
Gravedad específica saturada con superficie seca (Ges)	B/B-C	2,66
Gravedad específica aparente (Gea)	A/A-C	2,71
Porcentaje de absorción (Ab)	(B-A)/A*100	1,22 %

**Tabla No. 2.9:** Peso específico y absorción del agregado grueso arena (Mina Jambelí)

Masa de la muestra seca	(A)	3.094,00 gr
Masa de la muestra saturada con superficie seca	(B)	3.126,00 gr
Masa aparente de la muestra saturada con superficie seca	(C)	1.946,00 gr
Gravedad específica seca (Ge)	A/B-C	2,62
Gravedad específica saturada con superficie seca (Ges)	B/B-C	2,65
Gravedad específica aparente (Gea)	A/A-C	2,70
Porcentaje de absorción (Ab)	$(B-A)/A*100$	1,03 %

### 2.1.1.3 Abrasión o desgaste del agregado grueso máquina de los Ángeles (ASTM C-131)

#### Alcance. -

Este método describe el procedimiento para determinar el porcentaje de desgaste de los agregados de tamaños menores a 37.5 mm (1 1/2"), y, agregados gruesos de tamaños mayores de 19 mm (3/4"), por medio del ensayo en la máquina de los Ángeles (NORMALIZACION, 2011).

#### Resultados. -

El tipo de abrasión que se realizará por el tipo de muestra será de tipo B. La muestra antes de ensayarla será pesada con un error de +/- 1 gr.

**Tabla No. 2.10:** Resultado de desgaste por abrasión 3/4" (Mina La Florida)

Masa inicial de la muestra	(A)	5.004,00 gr
Masa retenida en el tamiz No. 12 después de 500 revoluciones	(B)	3.963,00 gr
Masa que pasa el tamiz No. 12 (A-B)	(C)	1.041,00 gr
Porcentaje de desgaste = $(C/A)*100$	(D)	21 %

El tipo de abrasión que se realizará por el tipo de muestra será de tipo B. La muestra antes de ensayarla será pesada con un error de +/- 1 gr.

**Tabla No. 2.11:** Resultado de desgaste por abrasión 3/4" (Mina Jambelí)

Masa inicial de la muestra	(A)	5.008,00 gr
Masa retenida en el tamiz No. 12 después de 500 revoluciones	(B)	4.160,00 gr
Masa que pasa el tamiz No. 12 (A-B)	(C)	848,00 gr
Porcentaje de desgaste = $(C/A)*100$	(D)	17 %

El tipo de abrasión que se realizará por el tipo de muestra será de tipo C. La muestra antes de ensayarla será pesada con un error de +/- 1 gr.

**Tabla No. 2.12:** Resultado de desgaste por abrasión 3/8" (Mina Jambelí)

Masa inicial de la muestra	(A)	5.004,00 gr
Masa retenida en el tamiz No. 12 después de 500 revoluciones	(B)	3.854,00 gr
Masa que pasa el tamiz No. 12 (A-B)	(C)	1.150,00 gr
Porcentaje de desgaste = (C/A)*100	(D)	23 %

#### 2.1.1.4 Ensayo de partículas fracturadas (ASTM D-5821)

##### Alcance. -

Este método de ensayo cubre la determinación del porcentaje, en masa o en número, de una muestra de árido grueso que se compone de partículas fracturadas que satisfacen los requisitos especificados (INSUMA, 2015).

##### Resultados. -

**Tabla No. 2.13:** Porcentaje de partículas fracturadas agregado 3/4"; 1/2" (Mina La Florida)

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO	MASA DE	MASA DE	% DE	% DE
PASA	RETIENE	PARCIAL	PARTICULAS EN	PARTICULAS	PARTICULAS	
		DEL	CADA FRACCION	FRACTURADAS	FRACTURADAS	
		AGREGADO	ANTES DEL	EN CADA	CADA	
			ENSAYO	FRACCION	FRACCION	
3/4"	1/2"	78.43	632.90	539.10	85.18	66.80
1/2"	3/8"	18.79	261.80	246.80	94.27	17.71
Porcentaje total de partículas trituradas						84.5

**Tabla No. 2.14:** Porcentaje de partículas fracturadas agregado 1"; 3/4"; 1/2" (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO	MASA DE	MASA DE	% DE	% DE
PASA	RETIENE	PARCIAL	PARTICULAS EN	PARTICULAS	PARTICULAS	
		DEL	CADA FRACCION	FRACTURADAS	FRACTURADAS	
		AGREGADO	ANTES DEL	EN CADA	CADA	
			ENSAYO	FRACCION	FRACCION	
1"	3/4"	20.28	1,537.60	1,144.30	74.42	15.09
3/4"	1/2"	76.11	543.60	453.90	83.50	63.55
1/2"	3/8"	3.30	209.50	161.40	77.04	2.54
Porcentaje total de partículas trituradas						81.2

**Tabla No. 2.15:** Porcentaje de partículas fracturadas agregado 3/4"; 1/2" (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO	MASA DE	MASA DE	% DE	% DE
PASA	RETIENE	PARCIAL	PARTICULAS EN	PARTICULAS	PARTICULAS	
		DEL	CADA FRACCION	FRACTURADAS	FRACTURADAS	
		AGREGADO	ANTES DEL	EN CADA	CADA	
			ENSAYO	FRACCION	FRACCION	FRACTURADAS
3/4"	1/2"	12.43	571.00	541.90	94.90	11.80
1/2"	3/8"	16.06	235.20	207.10	88.05	14.14
Porcentaje total de partículas trituradas						25.9

**Tabla No. 2.16:** Porcentaje de partículas fracturadas agregado arena (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO	MASA DE	MASA DE	% DE	% DE
PASA	RETIENE	PARCIAL	PARTICULAS EN	PARTICULAS	PARTICULAS	
		DEL	CADA FRACCION	FRACTURADAS	FRACTURADAS	
		AGREGADO	ANTES DEL	EN CADA	CADA	
			ENSAYO	FRACCION	FRACCION	FRACTURADAS
1"	3/4"	12.71	1,529.00	1,507.00	98.56	12.52
3/4"	1/2"	13.93	551.00	468.50	85.03	11.84
1/2"	3/8"	14.60	241.60	213.40	88.33	12.89
Porcentaje total de partículas trituradas						37.3

### 2.1.1.5 Ensayo de partículas alargadas y planas (ASTM D-4791)

#### Alcance. -

Este ensayo tiene por objeto la determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento de los agregados gruesos. Este método calcula el porcentaje de partículas que tienen forma alargada con aproximación del 1 % de la masa total de la muestra de ensayo de cada tamiz superior a 3/8" o No. 4. El porcentaje de las partículas que tienen forma aplanada, con aproximación del 1% de la masa total de la muestra de ensayo, de cada tamiz superior a 3/8" o No. 4 (SHARE, 2009).

#### Resultados. -

**Tabla No. 2.17:** Porcentaje de partículas alargadas agregado 3/4" (Mina La Florida)

N° DEL TAMIZ		%	Nro. DE	Nro. DE	% DE	% DE
PASA	RETIENE	RETENIDO	PARTICULAS	PARTICULAS	PARTICULAS	
		PARCIAL	EN CADA	ALARGADAS	ALARGADAS	
		DEL	FRACCION	EN CADA	EN CADA	
		AGREGADO	ANTES DEL	FRACCION	FRACCION	ALARGADAS
			ENSAYO			
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	0.26	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	80.46	100.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	3/8"	19.28	100.00	0.00	0.00	0.00
Porcentaje total de partículas alargadas - Relación 1:3						0.00

**Tabla No. 2.18:** Porcentaje de partículas planas agregado 3/4" (Mina La Florida)

N° DEL TAMIZ		%	Nro. DE	Nro. DE	% DE	
PASA	RETIENE	RETENIDO	PARTICULAS	PARTICULAS	PARTICULAS	% DE
		PARCIAL	EN CADA	ALARGADAS	ALARGADAS	
		DEL	FRACCION	EN CADA	EN CADA	
AGREGADO	ANTES DEL	FRACCION	FRACCION		PARTICULAS	
			ENSAYO		ALARGADAS	
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	0.26	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	80.46	100.00	1.00	1.00	0.80
1/2"	3/8"	19.28	100.00	4.00	4.00	0.77
Porcentaje total de partículas planas - Relación 1:3						1.58

**Tabla No. 2.19:** Porcentaje de partículas alargadas agregado 3/4" (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		%	Nro. DE	Nro. DE	% DE	
PASA	RETIENE	RETENIDO	PARTICULAS	PARTICULAS	PARTICULAS	% DE
		PARCIAL	EN CADA	ALARGADAS	ALARGADAS	
		DEL	FRACCION	EN CADA	EN CADA	
AGREGADO	ANTES DEL	FRACCION	FRACCION		PARTICULAS	
			ENSAYO		ALARGADAS	
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	20.35	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	76.35	100.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	3/8"	3.31	100.00	3.00	0.10	0.10
Porcentaje total de partículas alargadas - Relación 1:3						0.10

**Tabla No. 2.20:** Porcentaje de partículas planas agregado 3/4" (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		%	Nro. DE	Nro. DE	% DE	
PASA	RETIENE	RETENIDO	PARTICULAS	PARTICULAS	PARTICULAS	% DE
		PARCIAL	EN CADA	ALARGADAS	ALARGADAS	
		DEL	FRACCION	EN CADA	EN CADA	
AGREGADO	ANTES DEL	FRACCION	FRACCION		PARTICULAS	
			ENSAYO		ALARGADAS	
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	20.35	100.00	2.00	2.00	0.41
3/4"	1/2"	76.35	100.00	3.00	3.00	2.29
1/2"	3/8"	3.31	100.00	6.00	6.00	0.20
Porcentaje total de partículas planas - Relación 1:3						2.90

**Tabla No. 2.21:** Porcentaje de partículas alargadas agregado 3/8" (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		%	Nro. DE	Nro. DE	% DE	
PASA	RETIENE	RETENIDO	PARTICULAS	PARTICULAS	PARTICULAS	% DE
		PARCIAL	EN CADA	ALARGADAS	ALARGADAS	
		DEL	FRACCION	EN CADA	EN CADA	
AGREGADO	ANTES DEL	FRACCION	FRACCION	PARTICULAS		
		ENSAYO		ALARGADAS		
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	2.92	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	42.35	100.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	3/8"	54.73	100.00	0.00	0.00	0.00
Porcentaje total de particulas alargadas - Relación 1:3						0.00

**Tabla No. 2.22:** Porcentaje de partículas planas agregado 3/8" (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		%	Nro. DE	Nro. DE	% DE	
PASA	RETIENE	RETENIDO	PARTICULAS	PARTICULAS	PARTICULAS	% DE
		PARCIAL	EN CADA	ALARGADAS	ALARGADAS	
		DEL	FRACCION	EN CADA	EN CADA	
AGREGADO	ANTES DEL	FRACCION	FRACCION	PARTICULAS		
		ENSAYO		ALARGADAS		
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	2.92	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	42.35	100.00	3.00	3.00	1.27
1/2"	3/8"	54.73	100.00	7.00	7.00	3.83
Porcentaje total de particulas planas - Relación 1:3						5.10

**Tabla No. 2.23:** Porcentaje de partículas alargadas agregado arena (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		%	Nro. DE	Nro. DE	% DE	
PASA	RETIENE	RETENIDO	PARTICULAS	PARTICULAS	PARTICULAS	% DE
		PARCIAL	EN CADA	ALARGADAS	ALARGADAS	
		DEL	FRACCION	EN CADA	EN CADA	
AGREGADO	ANTES DEL	FRACCION	FRACCION	PARTICULAS		
		ENSAYO		ALARGADAS		
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	30.82	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	33.78	100.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	3/8"	35.41	100.00	2.00	2.00	0.71
Porcentaje total de particulas alargadas - Relación 1:3						0.71

**Tabla No. 2.24:** Porcentaje de partículas planas agregado arena (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		%	Nro. DE	Nro. DE	% DE	
PASA	RETIENE	RETENIDO	PARTICULAS	PARTICULAS	PARTICULAS	% DE
		PARCIAL	EN CADA	ALARGADAS	ALARGADAS	
		DEL	FRACCION	EN CADA	EN CADA	
		AGREGADO	ANTES DEL	FRACCION	FRACCION	PARTICULAS
			ENSAYO			ALARGADAS
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	30.82	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	33.78	100.00	9.00	9.00	3.04
1/2"	3/8"	35.41	100.00	7.00	7.00	2.48
Porcentaje total de particulas planas - Relación 1:3						5.52

### 2.1.1.6 Ensayo de terrones de arcilla en el agregado grueso (ASTM 142-97)

#### Alcance. -

Este método de ensayo cubre la determinación aproximada de grumos de arcilla y partículas desmenuzables en agregados. Los valores dados en unidades si serán considerados como estándar. Los valores dados en paréntesis son proporcionados para propósitos informativos. Este estándar no pretende dar dirección a los problemas de seguridad asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma, establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso (INGENIERIA CIVIL EN EL SALVADOR - ASTM designacion: C 142-97, 2009).

#### Resultados. -

**Tabla No. 2.25:** Porcentaje de terrones de arcilla en el agregado 3/4" (Mina La Florida)

N° DEL TAMIZ		%	MASA	% QUE PASA	
PASA	RETIENE	RETENIDO	DE LAS	EL TAMIZ	% PARCIAL
		PARCIAL	FRACCIONES	MAS FINO	
		DEL	ANTES DEL	DESPUES	
		AGREGADO	ENSAYO	DEL ENSAYO	ARCILLA
3/4"	3/8"	97.22	2,211.70	0.11	0.110
3/8"	N° 4	2.53	670.80	0.15	0.004
PORCENTAJE TOTAL					0.11

**Tabla No. 2.26:** Porcentaje de terrones de arcilla en el agregado 3/4" (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		%	MASA	% QUE PASA	% PARCIAL DE ARCILLA
PASA	RETIENE	RETENIDO	DE LAS	EL TAMIZ	
		PARCIAL	FRACCIONES	MAS FINO	
		DEL	ANTES DEL	DESPUES	
AGREGADO	ENSAYO	DEL ENSAYO			
1 1/2"	3/4"	20.28	3,043.30	0.13	0.027
3/4"	3/8"	79.41	2,013.00	0.12	0.099
PORCENTAJE TOTAL					0.13

**Tabla No. 2.27:** Porcentaje de terrones de arcilla en el agregado 3/8" (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		%	MASA	% QUE PASA	% PARCIAL DE ARCILLA
PASA	RETIENE	RETENIDO	DE LAS	EL TAMIZ	
		PARCIAL	FRACCIONES	MAS FINO	
		DEL	ANTES DEL	DESPUES	
AGREGADO	ENSAYO	DEL ENSAYO			
3/4"	3/8"	28.49	2,014.30	0.15	0.044
3/8"	N° 4	70.65	1,051.60	0.19	0.134
PORCENTAJE TOTAL					0.18

**Tabla No. 2.28:** Porcentaje de terrones de arcilla en el agregado arena (Mina Jambelí)

N° DEL TAMIZ		%	MASA	% QUE PASA	% PARCIAL DE ARCILLA
PASA	RETIENE	RETENIDO	DE LAS	EL TAMIZ	
		PARCIAL	FRACCIONES	MAS FINO	
		DEL	ANTES DEL	DESPUES	
AGREGADO	ENSAYO	DEL ENSAYO			
3/4"	3/8"	28.52	2,103.00	0.14	0.041
3/8"	N° 4	58.77	1,047.30	0.14	0.084
PORCENTAJE TOTAL					0.12

## 2.1.2 Caracterización del agregado fino

### 2.1.2.1 Análisis granulométrico (ASTM C-136)

### Alcance. -

El presente método de ensayo cubre la determinación de la distribución del tamaño de partículas de agregados finos y gruesos mediante el cribado. Algunas especificaciones para los agregados que hacen referencia a este método contienen requerimientos de clasificación que incluyen tanto fracciones de agregados gruesos como de agregados finos. Se incluyen las instrucciones para la determinación granulométrica de dichos agregados (GEEKS, 2011).

En nuestro estudio los agregados pétreos deben cumplir las siguientes especificaciones:

- Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos (ASTM C-136)
- Porcentaje de partículas fracturadas en agregados (ASTM D 5821-95)
- Abrasión de agregado grueso máquina de los ángeles (ASTM C-131)
- Determinación del peso específico y absorción agregado grueso (ASTM C-127)
- Determinación del peso específico del agregado fino (ASTM C-128)
- Equivalente de arena (AASHTO T-176)
- Partículas livianas-deletéreos (AASHTO T-112)

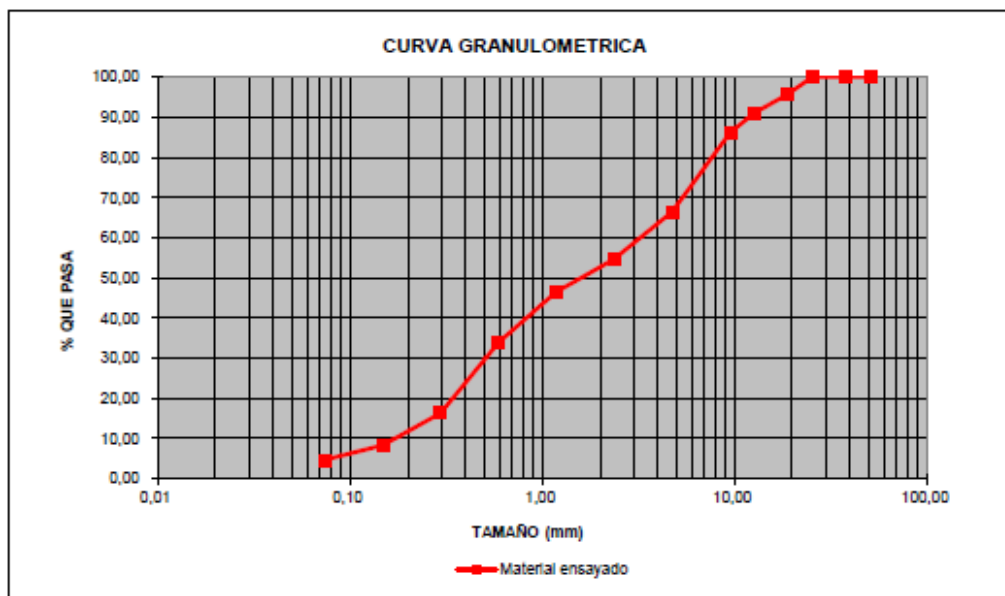
### Resultados. -

Localización: Jambelí  
Norma: ASTM C136  
Módulo de finura: 4.01

**Tabla No. 2.29:** Granulometría material Arena (Mina Jambelí)

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA	MASA	PORCENTAJE	PORCENTAJE
		RETENIDA PARCIAL	RETENIDA ACUMULADA	RETENIDO (%)	QUE PASA (%)
1"	25.40	0	0	0.00	100.00
3/4"	19.00	91	91	4.26	95.74
1/2"	12.70	99	190	8.93	91.07
3/8"	9.51	104	294	13.82	86.18
No. 4	4.76	420	714	33.51	66.49
No. 8	2.36	253	967	45.39	54.61
No. 16	1.18	173	1140	53.52	46.48
No. 30	0.60	266	1406	65.99	34.01
No. 50	0.30	375	1781	83.61	16.39
No. 100	0.15	170	1951	91.60	8.40
No. 200	0.07	79	2030	95.29	4.71
Pasa No. 200		100	100		
SUMA		2130	2130		

**Grafico No. 2.5:** Curva granulométrica material Arena (Mina Jambelí)



### 2.1.2.2 Peso específico del agregado fino (ASTM C-128)

#### Alcance. -

Esta norma describe el procedimiento de ensayo para la determinación de la gravedad específica “bulk”, gravedad específica aparente. Así como la absorción de una muestra de árido fino a una temperatura establecida de 23/23 °C (73.4/73.4°F), después de 24 horas de sumergidos en agua. La gravedad específica “bulk” en base a la masa de la superficie saturada superficialmente seca de la muestra de ensayo y la absorción (INTERNATIONAL, 2009).

#### Resultados. –

**Tabla No. 2.30:** Peso específico agregado fino 3/8” (Mina La Florida)

Masa del matraz	Mm=	159,00 gr
Masa de la muestra seca	B=	659,00 gr
Masa del matraz + agua	C=	969,00 gr
Masa conjunto matraz, agua y muestra	S=	503,90 gr
Masa de muestra saturada con superficie seca	A=	492,70 gr
Gravedad específica seca	$Ge=A/(B+S-C)$	2,55
Gravedad específica saturada con superficie seca	$Ges=S/(B+S-C)$	2,61
Gravedad específica aparente	$Gea=A/A+B-C$	2,71
Porcentaje de absorción	$Ab=((S-A)/A)*100$	2,27 %

**Tabla No. 2.31:** Peso específico agregado fino 3/8” (Mina Jambelí)

Masa del matraz	Mm=	159,00 gr
Masa de la muestra seca	B=	659,00 gr
Masa del matraz + agua	C=	967,90 gr
Masa conjunto matraz, agua y muestra	S=	500,40 gr
Masa de muestra saturada con superficie seca	A=	492,50 gr
Gravedad específica seca	$Ge=A/(B+S-C)$	2,57
Gravedad específica saturada con superficie seca	$Ges=S/(B+S-C)$	2,61
Gravedad específica aparente	$Gea=A/A+B-C$	2,68
Porcentaje de absorción	$Ab=((S-A)/A)*100$	1,60 %

**Tabla No. 2.32:** Peso específico agregado arena (Mina Jambelí)

Masa del matraz	Mm=	159,00 gr
Masa de la muestra seca	B=	659,00 gr
Masa del matraz + agua	C=	967,80 gr
Masa conjunto matraz, agua y muestra	S=	502,40 gr
Masa de muestra saturada con superficie seca	A=	490,90 gr
Gravedad específica seca	$Ge=A/(B+S-C)$	2,54
Gravedad específica saturada con superficie seca	$Ges=S/(B+S-C)$	2,60
Gravedad específica aparente	$Gea=A/A+B-C$	2,70
Porcentaje de absorción	$Ab=((S-A)/A)*100$	2,34 %

### 2.1.2.3 Equivalente de arena (AASHTO T-176)

#### Alcance. -

Este método establece un procedimiento rápido para determinar las proporciones relativas de finos plásticos o arcillosos en los áridos que pasan por tamiz de 4,75 mm (N° 4) (SHADER, 2009).

**Tabla No. 2.33:** Equivalente de arena (Mina La Florida)

Lectura inicial	A=	4,5
Lectura final	B=	3,8
Equivalente de arena	$C = (B/A) * 100$	84 %

**Tabla No. 2.34:** Equivalente de arena (Mina Jambelí)

Lectura inicial	A=	6,1
Lectura final	B=	3,6
Equivalente de arena	$C = (B/A) * 100$	59 %

**Tabla No. 2.35:** Equivalente de arena (Mina Jambelí)

Lectura inicial	A=	5,3
Lectura final	B=	3,7
Equivalente de arena	$C = (B/A) * 100$	70 %

Tanto la Mina La Florida como la Mina Jambelí cumplen con las especificaciones del MTOP, para una vía de tráfico pesado, el mismo que indica que el equivalente de arena debe ser del 50%, para una capa de rodadura.

#### **2.1.2.4 Contenido orgánico en agregado fino (ASTM C-40)**

El árido fino sujeto al método de ensayo propuesto en esta norma, es aquel que se utiliza para la elaboración de hormigón o mortero de cemento hidráulico.

El método referido en esta norma establece dos procedimientos. El primero utiliza una solución de color normalizado y el segundo un comparador de colores normalizados como referencia.

Esta norma se utiliza para realizar una determinación preliminar de la aceptabilidad de los áridos finos con respecto a los requisitos sobre impurezas orgánicas de la NTE INEN 872

Esta norma proporciona una advertencia de que pueden estar presentes cantidades inapropiadas de impurezas orgánicas en el árido fino. Cuando una muestra sometida a este ensayo produce un color más oscuro que el color normalizado, es aconsejable realizar el ensayo para determinar el efecto de impurezas orgánicas en la resistencia del mortero, de conformidad con la NTE INEN 866 (GEEKS, <http://civilgeeks.com/2011/04/10/impurezas-organicas-en-el-agregado-fino-para-concreto-resumen-astm-c-40/>, 2011).

#### **Resultados. -**

Localización: La Florida

Norma: ASTM C136

Tamaño máximo nominal del agregado: 3/8 pulg.

**Tabla No. 2.36:** Contenido orgánico agregado fino 3/8” (Mina La Florida)

Color de la muestra	Mayor a: 0	Mayor a: 5
Contenido orgánico aceptable	SI	X
	NO	-
Valor en escala	No.	0

Localización: Jambelí

Norma: ASTM C136

Tamaño máximo nominal del agregado: 3/8 pulg.

**Tabla No. 2.37:** Contenido orgánico agregado fino 3/8” (Mina Jambelí)

Color de la muestra	Mayor a: 0	Mayor a: 5
Contenido orgánico aceptable	SI	X
	NO	-
Valor en escala	No.	0

Localización: Jambelí

Norma: ASTM C136

Tamaño máximo nominal del agregado: arena

**Tabla No. 2.38:** Contenido orgánico agregado fino 3/8” (Mina Jambelí)

Color de la muestra	Mayor a: 0	Mayor a: 5
Contenido orgánico aceptable	SI	X
	NO	-
Valor en escala	No.	2

Las especificaciones del MTOP, indica que según la Norma ASTM C-40, en el numeral 9.2 en la escala de Gardner (1 a 5) la muestra es aceptable hasta 3, en consecuencia la muestra cumple los requerimientos propuestos por el MTOP.

**Fotografía No. 2.1:** Colorímetro (ASTM C-40); Laboratorio Mat. Const. PUCE-Q



#### 2.1.2.5 Terrones de arcilla en el agregado fino (ASTM C-142)

##### Alcance. -

Este método describe el procedimiento para la determinación de los terrones de arcilla y partículas deleznable (friables), en los agregados naturales (SHARE, <http://es.slideshare.net/jcguanin/06-determinacin-de-deletreos>, 2012).

##### Resultados. -

Localización: La Florida  
 Norma: ASTM C136  
 Tamaño máximo nominal del agregado: 3/8 pulg.

**Tabla No. 2.39:** Terrones de arcilla agregado fino 3/8" (Mina La Florida)

Masa inicial de la muestra	M=	351.70 gr
Masa retenida en tamiz No. 20 después del ensayo	R=	351.20 gr
Porcentaje de arcilla	P=	0.1 %

Localización: Jambelí  
 Norma: ASTM C136  
 Tamaño máximo nominal del agregado: 3/8 pulg.

**Tabla No. 2.40:** Terrones de arcilla agregado fino 3/8" (Mina Jambelí)

Masa inicial de la muestra	M=	286.10 gr
Masa retenida en tamiz No. 20 después del ensayo	R=	283.50 gr
Porcentaje de arcilla	P=	0.9 %

Localización: Jambelí  
 Norma: ASTM C136  
 Tamaño máximo nominal del agregado: arena

**Tabla No. 2.41:** Terrones de arcilla agregado arena (Mina Jambelí)

Masa inicial de la muestra	M=	237.20 gr
Masa retenida en tamiz No. 20 después del ensayo	R=	234.20 gr
Porcentaje de arcilla	P=	1.3 %

Las especificaciones del MTOP, indican que según la Norma ASTM C-142, el porcentaje máximo de terrones de arcilla en arena natural, no deberá sobrepasar el 3%, por lo que la muestra ensayada cumple con las especificaciones del MTOP (PUBLICAS, 2002).

**Tabla No. 2.42:** Resumen de ensayos en los agregados de la Mina La Florida

ENSAYOS	ESPECI. MTOP		RESULTADO		NORMA	VERIFIC.
	Min.	Max.				
Granulometría fino y grueso (Tamizado en seco)					ASTM C-136	
					AASHTO T-27	
% de Partículas Fracturadas	80	-	3/4"	85.18	ASTM D-5821	Cumple
			1/2"	94.27		Cumple
Equivalente de Arena (%)	50	-	84%		ASTM D-2419	Cumple
					AASHTO T-176	
Abrasión de Gruesos (%)	-	40	21		ASTM C-131	Cumple
					AASHTO T-96	Cumple
Peso Específico de Grueso 3/4" (Ton/m <sup>3</sup> )	-	-	2.65		ASTM C-127	
					AASHTO T-85	

Peso Específico de Grueso 3/8”(Ton/m3)	-	-	2.55	ASTM C-127	
				AASTHO T-85	
Absorción de Agregado Grueso 3/4” (%)	-	-	0.82	ASTM C-127	
				AASTHO T-85	
Absorción de Agregado Grueso 3/8” (%)	-	-	2.27	ASTM C-127	
				AASTHO T-85	
Peso Específico de Fino (Ton/m3)	-	-	2.61	ASTM C-128	
				AASTHO T-84	
Absorción de Agregado Fino (%)	-	-	2.27	ASTM C-128	

**Tabla No. 2.43:** Resumen de ensayos en los agregados de la Mina Jambelí

ENSAYOS	ESPECI. MTOP		RESULTADO		NORMA	VERIFIC.
	Min.	Max.				
Granulometría fino y grueso (Tamizado en seco)					ASTM C-136	
					AASTHO T-27	
% de Partículas Fracturadas	80	-	1"	74.42	ASTM D-5821	Cumple
			3/4"	83.50		
			1/2"	77.04		Cumple
Equivalente de Arena (%)	50	-	70%	ASTM D-2419	Cumple	
				AASTHO T-176		
Abrasión de Gruesos (%)	-	40	17%	ASTM C-131	Cumple	
				AASTHO T-96	Cumple	
Peso Específico de Grueso 3/4”(Ton/m3)	-	-	2.65	ASTM C-127		
				AASTHO T-85		
Peso Específico de Grueso 3/8”(Ton/m3)	-	-	2.61	ASTM C-127		
				AASTHO T-85		
Absorción de Agregado Grueso 3/4” (%)	-	-	0.85	ASTM C-127		
				AASTHO T-85		

Absorción de Agregado Grueso 3/8" (%)	-	-	1.6	ASTM C-127	
				AASTHO T-85	
Peso Específico de Fino (Ton/m3)	-	-	2.60	ASTM C-128	
				AASTHO T-84	
Absorción de Agregado Fino (%)	-	-	2.34%	ASTM C-128	

## 2.2 Caracterización del ligante asfáltico

El **asfalto**, también denominado **betún**, es un material viscoso, pegajoso y de color negro. Se utiliza mezclado con arena o gravilla para pavimentar caminos y como revestimiento impermeabilizante de muros y tejados. En las mezclas asfálticas es usado como aglomerante para la construcción de carreteras, autovías o autopistas. Está presente en el petróleo crudo y compuesto casi por completo de betún bitumen. El asfalto es una sustancia que constituye la fracción más pesada del petróleo crudo. Se encuentra a veces en grandes depósitos naturales.

Es una sustancia negra, pegajosa, sólida o semisólida según la temperatura ambiente; a la temperatura de ebullición del agua tiene consistencia pastosa, por lo que se extiende con facilidad. Se utiliza para revestir carreteras, impermeabilizar estructuras, como depósitos, techos o tejados, y en la fabricación de baldosas, pisos y tejas. No se debe confundir con el alquitrán, que es también una sustancia negra, pero derivada del carbón, la madera y otras sustancias.

El asfalto se encuentra en depósitos naturales, pero casi todo el que se utiliza hoy es artificial, derivado del petróleo. Para pavimentar se emplean asfaltos de destilación, hechos con los hidrocarburos no volátiles que permanecen después de refinar el petróleo para obtener gasolina y otros productos.

El asfalto utilizado para este ensayo fue proporcionado por la planta de asfalto del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Sucumbíos, este es reproducido por la Refinería de Esmeraldas, al igual que los demás productos que elabora, están sujetos a cumplir con las normas de calidad establecidas por el MTOP como lo indica en la tabla No. 2.40. En la refinería se produce el asfalto conocido como AC-20 (Enciclopedia, 2012).

**Tabla No. 2.44:** Especificaciones para asfalto (810.2.1)

ENSAYOS	60-70		85-100	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
<b>Betún original</b>				
Penetración (25°C, 100gr, 5s), mm/10.	60	70	85	100
Punto de ablandamiento A y B, °C.	48	57	45	53

Índice de penetración (*).	(-1,5)	(+1,5)	(-1,5)	(+1,5)
Ductilidad (25°C, 5cm/minuto), cm.	100	---	100	---
Contenido de agua (en volumen), %.	---	0,2	---	0,2
Solubilidad en Tricloroetileno, %.	99	---	99	---
Punto de inflamación, Copa Cleveland, oC.	232	---	232	---
Densidad relativa, 25 °C/25°C.	1.00	---	1.00	---
Ensayo de la mancha (**).	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Contenido de parafinas, %.	---	2,2	---	2,2
<b>Ensayos al residuo del TFOT:</b>				
Variación de masa, %.	---	0,8	---	1,0
Penetración, % de penetración original	54	---	50	---
Ductilidad, cm.	50	---	75	---
Resistencia al endurecimiento (***)).	---	5,0	---	5,0

**TFOT (Thin Film Oven Test) – Ensayo en horno sobre película delgada**

**NOTAS:** (\*) el índice de penetración (IP) se determina a partir del valor de la penetración en mm/10, a 25°C, 100 gramos y 5 segundos (Pen) y del punto de ablandamiento, °C, por el método de anillo y bola (Tab), según las expresiones siguientes:

$$A = 50. \left[ \frac{\log 800 - \log Pen}{Tab - 25} \right]$$

$$IP = \frac{20 - 10.A}{a + 1}$$

(\*\*) Deberá indicarse el tipo de solvente. Si se usan solventes con xileno debe especificarse el porcentaje a emplear.

(\*\*\*) La resistencia al endurecimiento es la relación entre la viscosidad absoluta a 60 °C después del ensayo TFOT y dicha viscosidad a 60 °C en el betún original (antes de la prueba) (MTO, 2002).

El asfalto utilizado para nuestro estudio deberá cumplir las siguientes especificaciones:

- Densidad específica materiales bituminosos (ASTM D 70-09).
- Punto de inflamación (ASTM D92-12b).
- Penetración (ASTM D-5/DSM-13).

- Viscosidad de un asfalto 60 °C (ASTM D 2171 / D2171M-10).
- Viscosidad Cinemática a 135 °C, a partir de la viscosidad rotatoria (ASTM D4402).
- Prueba de la Película Delgada en horno Rotatorio (RTFO) (ASTM D 1754 2872 / AASHTO T-179 T240).
- Viscosidad de un betún asfáltico 60 °C RTFO (ASTM D 2171/D 2171M-10).
- Ductilidad RTFO (ASTM D 113-07).

Para la caracterización de las propiedades reológicas de los asfaltos, en este estudio se han realizado los siguientes ensayos.

## 2.2.1 Comportamiento Reológico – Ensayos sobre el betún original

### 2.2.1.1 Densidad de los materiales bituminosos (ASTM D 70-09)

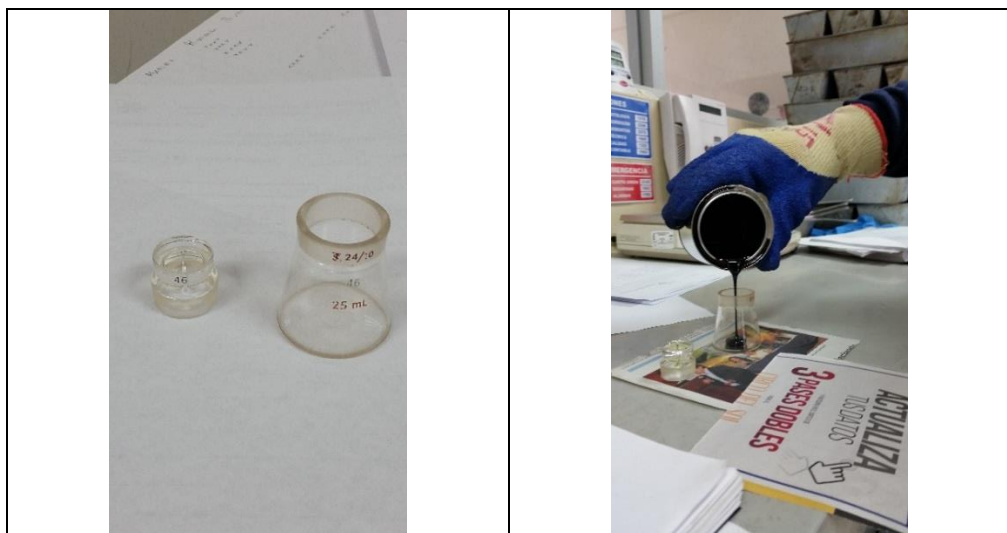
#### Alcance. -

Este método de prueba comprende la determinación de la densidad relativa y la densidad para materiales semi-sólidos bituminosos, cementos de asfalto y brea blandos mediante el uso del PICNOMETRO.

Un método alternativo para la determinación de la densidad de los materiales bituminosos semi-sólidos y sólidos es la norma ASTM D 3289. Para los materiales que son demasiado fluido, para el uso de este método de prueba, utilice el método de prueba D 3142.

Los valores indicados en unidades **SI** es considerado como estándar. Los valores entre paréntesis son para información solamente (Método, 2015).

#### Fotografía No. 2.2: Colocación en los picnómetros del asfalto; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



**Resultados. -**

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura de ensayo (°C)	25.0

**Registro para densidad:**

**Tabla 2.45:** Resultado de densidad relativa y específica

Serie del picnómetro	46
Masa del picnómetro (mas tapa) (A)	37.136
Masa del picnómetro lleno de agua (B)	62.382
Masa del picnómetro parcialmente lleno con asfalto (C)	56.433
Masa del picnómetro más asfalto y más agua (D)	62.568
Densidad relativa de la muestra	1.010
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (kg/m <sup>3</sup> )	997.0
Densidad de la muestra (kg/m <sup>3</sup> )	1006.703

### 2.2.1.2 Punto de inflamación (ASTM D92-12b)

**Alcance. -**

Este método de prueba describe la determinación del punto de inflamación y encendido de los productos del petróleo con el equipo manual o automático de la copa abierta Cleveland (SCRIBD, s/n).

**Fotografía No. 2.3:** Punto de inflamación del asfalto; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



**Resultados. -**

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Punto de chispa (°C)	310
Punto de llama (°C)	325
Presión barométrica (mm Hg)	548.5
Punto de chispa corregido (°C)	317
Punto de llama corregido (°C)	332

**Especificación del producto para punto de chispa:**

NTE INEN 2515:2014, Tabla 7, Grado AC-20	mínimo	232
--	--------	-----

**Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:**

**Tabla 2.46:** Resultado de punto de inflamación

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

**2.2.1.3 Penetración (ASTM D-5 / DSM-13)**

**Alcances. -**

Este método describe un procedimiento para determinar la dureza, mediante penetración, de materiales bituminosos sólidos y semisólidos.

El ensayo de penetración se usa como una medida de consistencia; valores altos de penetración indican consistencias más blandas (SITECAL.COM).

**Fotografía No. 2.4:** Ensayo de Penetración; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura de ensayo (°C)	25.0
Carga (g)	100.01
Tiempo de carga (s)	5

**Valores de penetración en la muestra:**

**Tabla No. 2.47:** Resultado de penetración

Punto	1	2	3	Promedio
Penetración (0.1 mm)	78	75	75	76

**2.2.1.4 Viscosidad de un asfalto 60 °C (ASTM D 2171/ D 2171 M-10)**

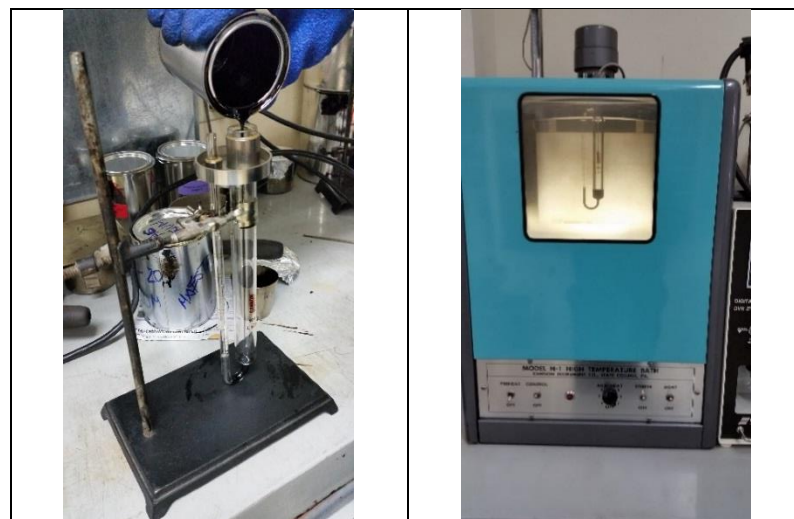
**Alcance. -**

Este método de ensayo cubre los procedimientos para la determinación de la viscosidad del ligante asfáltico (bitumen) mediante viscosímetros capilares de vacío a 60 °C [140 °F]. Es aplicable a materiales que tienen viscosidades en el intervalo de 0.0036 a más de 20.000 Pa.s [0.036 a más de 200.000 P] (Lagla Yanez, 2014).

**NOTA 1.-** Este método de ensayo es adecuado para su uso a otras temperaturas, pero la precisión se basa en determinación en aglutinantes de asfalto a 60 °C [140 °F].

Para el betún original usaremos un viscosímetro de vacío tubo capilar número 100.

**Fotografía No. 2.5:** Viscosímetro; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



**Resultados. -**

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura de ensayo (°C)	60.00
Número del viscosímetro	200
Serie del viscosímetro	K596

	Bulbo B	Bulbo C	Bulbo D	Bulbo E	Bulbo F
Constante del viscosímetro (Pa.s/s):	11.95	6.167	4.142	3.138	2.497
Tiempo de flujos	50.8	97.7	---	---	---
Viscosidad (Pa.s)	607.060	602.393			

**Resultado del ensayo:**

Viscosidad (Pa.s)	602.393
-------------------	---------

**Especificación del ensayo:**

NTE INEN 2515:2014, Tabla 7, Grado AC-20	Máximo	800	Pa.s
--	--------	-----	------

**Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:**

**Tabla No. 2.48:** Resultado de viscosidad 60 °C

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

**2.2.1.5 Viscosidad Cinemática de asfaltos a 135 °C a partir del viscosímetro rotatorio (ASTM D4402)**

Debido a que no se tiene el viscosímetro los resultados se obtienen a partir de la viscosidad con viscosímetro rotatorio y la densidad relativa de asfalto (Lagla Yanez, 2014).

**Resultados. -**

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura de ensayo (°C)	135.00

**Registro de la muestra:**

Viscosidad con viscosímetro rotativo (ASTM D4402/D4402M) (cP)	344.0
Densidad relativa de la muestra a 25/25 °C	1.010
Viscosidad cinemática (mm <sup>2</sup> /s)	364.662

**Especificación del producto:**

NTE INEN 2515:2014, Tabla 7, Grado AC-20	Mínimo	300	mm <sup>2</sup> /s
--	--------	-----	--------------------

**Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:****Tabla No. 2.49:** Resultado de viscosidad cinemática 135 °C

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

**2.2.2 Ensayo sobre el residuo de pérdida por calentamiento – RTFOT****2.2.2.1 Viscosidad del asfalto a elevadas temperaturas usando un viscosímetro rotatorio (RTFO) (ASTM D4402/D4402M-12)****Alcance. -**

Este método de prueba describe un procedimiento para la medición de la viscosidad aparente de asfalto 38 a 260 °C [de 100 a 500 °F], usando un viscosímetro de rotación y una cámara térmica de temperatura controlada para mantener la temperatura de ensayo (Lagla Yanez, 2014).

**Resultados. -****Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura del ensayo (°C)	135.00

**Configuración del ensayo:**

Viscosímetro	Brookfield DV-II + Pro
Geometría del ensayo	SC4-21, colgante
Velocidad de la rotación (rpm)	100

### Resultado del ensayo:

**Tabla No. 2.50:** Resultado de viscosidad a altas temperaturas usando viscosímetro rotatorio

	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
Viscosidad (Pa.s)	0.344	0.344	0.344	<b>0.344</b>
Torque (%)	68.9	68.9	68.9	<b>68.9</b>

**Fotografía No. 2.6:** Viscosímetro de rotación; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



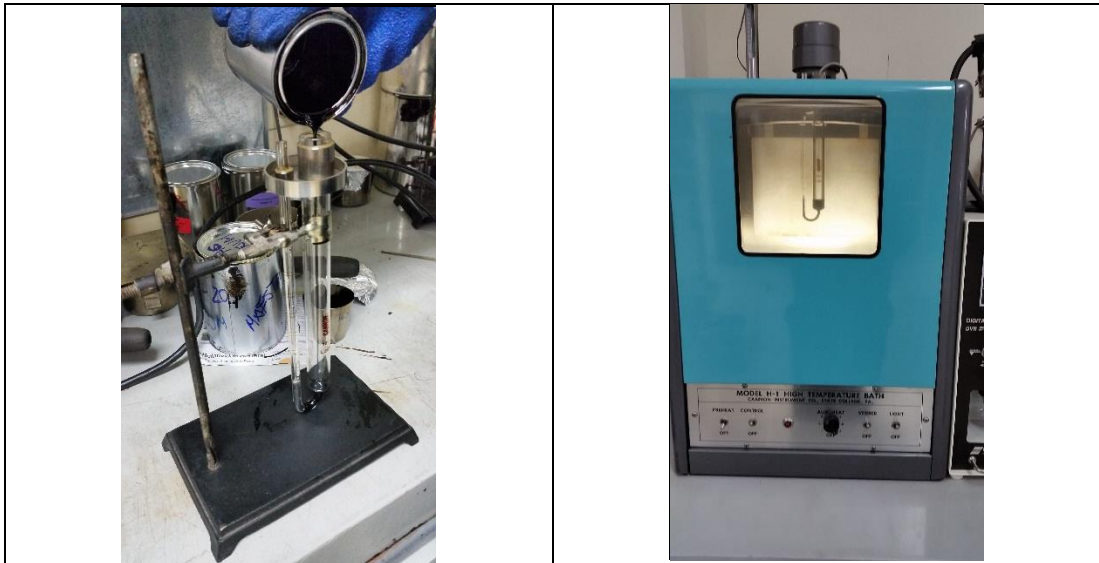
#### 2.2.2.2 Viscosidad de un betún asfáltico 60 °C RTFO

##### Alcance. -

Este método de ensayo cubre los procedimientos para la determinación de la viscosidad del ligante asfáltico (bitumen), mediante viscosímetros capilares de vacío a 60 °C [140 °F]. Es aplicable a materiales que tienen viscosidades en el intervalo de 0.0036 a más de 20.000 Pa.s [0.0036 a más de 200.000 P] (Lagla Yanez, 2014).

Para el asfalto envejecido usaremos un viscosímetro de vacío tubo capilar número 200.

**Fotografía No. 2.7:** Asfalto envejecido en viscosímetros capilares; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



**Resultados. -**

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura de ensayo (°C)	60.01
Número del viscosímetro	100
Serie del viscosímetro	L801

	Bulbo B	Bulbo C	Bulbo D	Bulbo E	Bulbo F
Constante del viscosímetro (Pa.s/s):	3.177	1.608	1.071	0.7987	0.6335
Tiempo de flujo (s):	59.9	117.9	---	---	---
Viscosidad (Pa.s):	190.366	189.631			

**Resultado del ensayo:**

Viscosidad (Pa.s)	189.631
-------------------	---------

**Especificación del producto:**

NTE INEN 2515:2014, Tabla 7, Grado AC-20	Mínimo	160	Pa.s
	Máximo	240	Pa.s

**Cumplimiento de la muestra:**

**Tabla No. 2.51:** Resultado de viscosidad a 60 °C (RTFO)

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

**2.2.2.3 Ductilidad RTFO (ASTM D 113-07)**

**Alcance. –**

Este método de ensayo proporciona una medida de las propiedades de tracción de los materiales bituminosos y puede ser utilizado para medir la ductilidad para la especificación (SLIDE, 2013).

**Fotografía No. 2.8:** Ensayo de ductilidad; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



**Resultado. -**

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura de ensayo (°C)	25.0
¿Se usa aditivo para densidad del agua?	NO
Numero de replicas	3

**Valores de ductilidad en la muestra:**

Molde	1	2	3	Promedio
Ductilidad (cm)	49	55	55	<b>53</b>
¿Ensayo normal?	SI	SI	SI	

**Especificación del producto:**

NTE INEN 2515:2014, Tabla 7, Grado AC-20	Mínimo	50
--	--------	----

**Cumplimiento de la muestra:**

**Tabla No. 2.52:** Resultado de ductilidad (RTFO)

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

En conclusión, los ensayos realizados al asfalto cumplen con las especificaciones de la Tabla 810-2.1 del MTOP

**Tabla No. 2.53:** Caracterización del ligante asfáltico AC-20

ENSAYOS	ESPECIFICACION		VALOR OBTENIDO	NORMA	CONTROL
	Min.	Max.			
<b>Betún Original</b>					
Viscosidad a 60°C	160	240	189.631	ASTM D2171	Cumple
Penetración (25°C, 100gr, 5s) mm/10	60	70	76	ASTM D5	Cumple
Viscosidad a 135°C, min. [mm <sup>2</sup> /s]	300		364.662	ASTM D-6	Cumple
Densidad relativa, (25°C/25°C), Ton/m <sup>3</sup>	1	---	1.010	ASTM D-70	Cumple
Punto de inflamación, Copa Cleveland, °C	232	---	317	ASTM D-92	Cumple
<b>Ensayos al residuo TFOT</b>					
Ductilidad (25°C, 5 cm/min), cm	50	---	53	ASTM D113	Cumple
Viscosidad a 60°C		1000	602.393	ASTM D2171	Cumple

### 2.3 Selección de agregados y combinación de las fracciones disponibles de agregados para el diseño de mezclas asfálticas

Para la fabricación de mezclas asfálticas, es necesario utilizar agregados pétreos que estén dentro de la curva granulométrica de las especificaciones, para obtener una carpeta de rodadura de buena calidad y económica, es necesario que los agregados sean de buena calidad, para esto deben cumplir las especificaciones que exige el MTOP, que está basado en normas internacionales, entre las que se encuentran el porcentaje de vacíos de aire, el porcentaje de vacíos rellenos de asfalto, el porcentaje de vacíos del agregado, estabilidad y fluencia (Paramo & Poncino, octubre, 2012).

Este procedimiento se basa en obtener la granulometría de cada uno de los materiales a mezclarse y calcular el porcentaje que necesita cada uno de los agregados para obtener una granulometría óptima que este dentro de la curva especificada por el MTOP (Tabla 405-5.1 de especificaciones).

**Tabla No. 2.54:** Tabla de granulometrías para mezclas asfálticas

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4
1" (25.4 mm)	100	-	-	-
3/4" (19.0 mm)	90 – 100	100	-	-
1/2" (12.5 mm)	-	90 – 100	100	-
3/8" (9.50 mm)	56 – 80		90 – 100	100
No. 4 (4.75 mm)	35 – 65	44 – 74	55 – 85	80 – 100
No. 8 (2.36 mm)	23 – 49	28 – 58	32 – 67	65 – 100
No. 16 (1.18 mm)				40 – 80
No. 30 (0.60 mm)				25 – 65
No. 50 (0.30 mm)	5 – 19	5 – 21	7 – 23	7 – 40
No. 100 (0.15 mm)	-	-	-	3 – 20
No. 200 (0.075 mm)	2 – 8	2 – 10	2 – 10	2 – 10

#### 2.3.1 Combinación de los agregados pétreos de la Mina La Florida

Para nuestra investigación se realizaron 21 batches utilizando material pétreo de la Mina La Florida, también pudimos determinar que la faja granulométrica para la fabricación de la mezcla asfáltica es la de 3/4", esta faja se la eligió en consideración de que los materiales que se disponían son 3/4" y 3/8", es decir 2 tipos de tamaño del agregado, tanto para el agregado grueso como para el fino se ajusta a las exigencias del MTOP mostradas en la Tabla 2-40, con lo cual se estableció que la mezcla de agregados estará compuesta por el material:

- A (Material Grueso) = 30 %
- B (Material Intermedio) = 70 %

- C (Material Fino) = 00 %

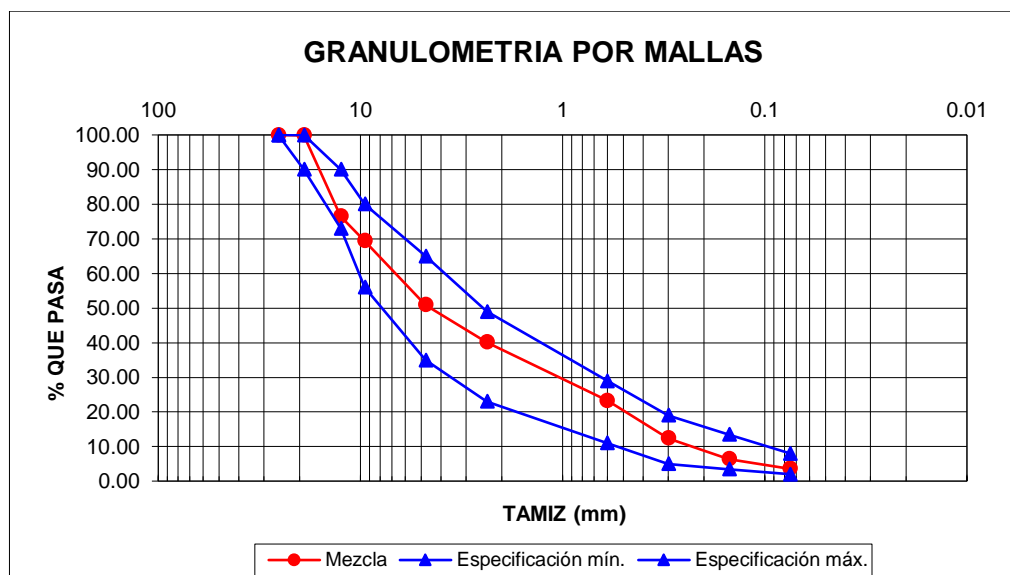
En la siguiente tabla se presenta los pesos del material retenido en cada tamiz tanto para el agregado grueso, como para el fino, así como también la dosificación de las mezclas. Ver Tabla No. 2.53.

**Tabla No. 2.55:** Tabla de mezcla de agregados (Mina La Florida)

Tamiz #	1	3.4	1.2	3.8	4	8	30	50	100	200	p #200
Tz mm.	25.4	19	12.5	9.5	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075	p 0,075
mat. A	100.00	99.75	21.73	3.03	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
mat. B	100.00	100.00	100.00	97.85	72.50	57.29	33.27	17.75	9.14	5.19	
mat. C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
mat. D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>mezcla</b>	<b>100.00</b>	<b>99.93</b>	<b>76.52</b>	<b>69.40</b>	<b>50.91</b>	<b>40.10</b>	<b>23.29</b>	<b>12.43</b>	<b>6.40</b>	<b>3.63</b>	
Ret.Ac.	0.00	0.08	23.48	30.60	49.09	59.90	76.71	87.58	93.60	96.37	3.63
Ret.Parc.	0.00	0.08	23.41	7.12	18.50	10.80	16.81	10.86	6.03	2.77	
peso	<b>0.00</b>	<b>0.83</b>	<b>257.47</b>	<b>78.27</b>	<b>203.48</b>	<b>118.83</b>	<b>184.95</b>	<b>119.50</b>	<b>66.30</b>	<b>30.42</b>	
p. acum.	0.00	0.83	258.29	336.56	540.03	658.87	843.82	963.33	1029.62	1060.04	1100.00
<b>Espec mín</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>---</b>	<b>56</b>	<b>35</b>	<b>23</b>	<b>---</b>	<b>5</b>	<b>---</b>	<b>2</b>	
<b>Espec máx</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>---</b>	<b>80</b>	<b>65</b>	<b>49</b>	<b>---</b>	<b>19</b>	<b>---</b>	<b>8</b>	

Con esta dosificación de agregados se preparan 15 batches, para realizar las mezclas con los diferentes porcentajes que se determinaran en el numeral 2.4.

**Grafico No. 2.6:** Curva granulométrica (Mina La Florida)



### 2.3.2 Combinación de los agregados pétreos de la Mina Jambelí

Para nuestra investigación se realizaron 21 batches utilizando material pétreo de la Mina La Florida, también pudimos determinar que la faja granulométrica para la fabricación de la mezcla asfáltica es la de 3/4", esta faja se la eligió en consideración de que los materiales que se disponían son 3/4", 3/8" y fino es se tiene decir 3 tipos de tamaño del agregado, tanto para el agregado grueso como para el fino se ajusta a las exigencias del MTOP mostradas en la Tabla 2-41, con lo cual se estableció que la mezcla de agregados estará compuesta por el material:

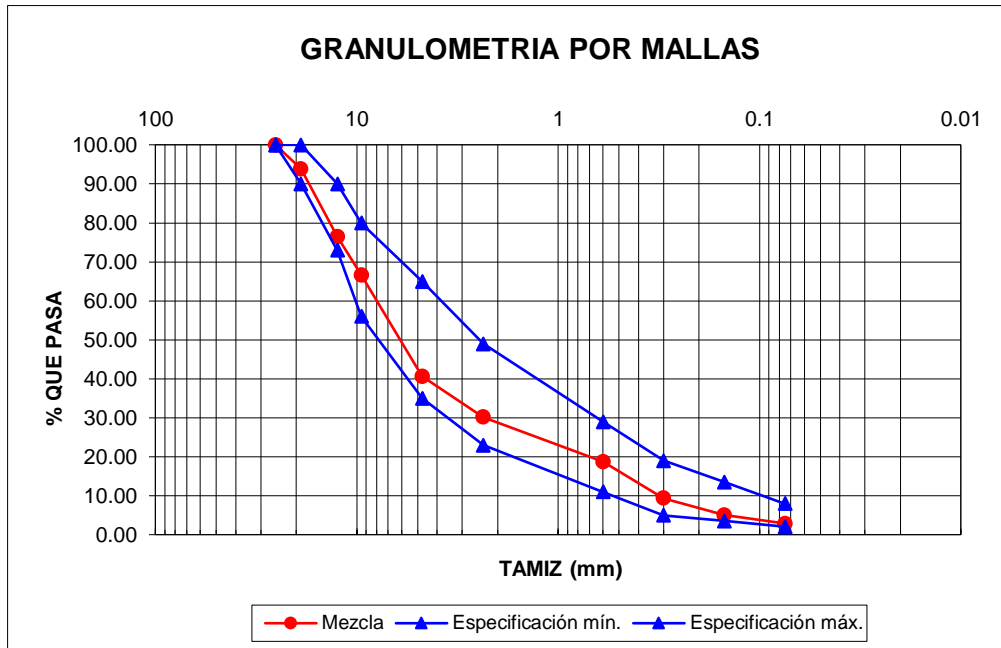
- A (Material Grueso) = 20 %
- B (Material Intermedio) = 30 %
- C (Material Fino) = 50 %

En la siguiente tabla se presenta los pesos del material retenido en cada tamiz tanto para el agregado grueso, como para el fino, así como también la dosificación de las mezclas. Ver Tabla No. 2.54.

**Tabla No. 2.56:** Tabla de mezcla de agregados (Mina Jambelí)

Tamiz #	1	3.4	1.2	3.8	4	8	30	50	100	200	p #200
Tz mm.	25.4	19	12.5	9.5	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075	p 0,075
mat. A	100.00	79.92	4.59	1.32	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
mat. B	100.00	100.00	100.00	77.69	23.98	9.51	5.68	3.96	2.69	1.54	
mat. C	100.00	95.74	91.07	86.18	66.49	54.61	34.01	16.39	8.40	4.71	
mat. D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>mezcla</b>	<b>100.00</b>	<b>93.85</b>	<b>76.45</b>	<b>66.66</b>	<b>40.64</b>	<b>30.16</b>	<b>18.71</b>	<b>9.38</b>	<b>5.01</b>	<b>2.82</b>	
Ret.Ac.	0.00	6.15	23.55	33.34	59.36	69.84	81.29	90.62	94.99	97.18	2.82
Ret.Parc.	0.00	6.15	17.40	9.79	26.02	10.48	11.45	9.33	4.38	2.19	
peso	0.00	67.61	191.41	107.71	286.22	115.31	125.94	102.59	48.14	24.09	
p. acum.	0.00	67.61	259.02	366.73	652.95	768.26	894.20	996.79	1044.92	1069.01	1100.00
<b>Espec mín</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>---</b>	<b>56</b>	<b>35</b>	<b>23</b>	<b>---</b>	<b>5</b>	<b>---</b>	<b>2</b>	
<b>Espec máx</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>---</b>	<b>80</b>	<b>65</b>	<b>49</b>	<b>---</b>	<b>19</b>	<b>---</b>	<b>8</b>	

**Grafico No. 2.7:** Curva granulométrica (Mina Jambelí)



## 2.4 Determinación de la cantidad de ligante asfáltico para el diseño de mezclas asfálticas

Para obtener el contenido de asfalto a emplearse en los ensayo de laboratorio, como primer paso se debe estimar aproximadamente el contenido teórico óptimo de asfalto, para esto se utiliza la formula empírica (Ecuación 2.1), para así iniciar con dos contenidos de asfalto por debajo, y, dos por encima del valor teórico.

### Determinación de la Cantidad Aproximada de Asfalto.

#### Ecuación 2.1

$$P = M \cdot (S)^{1/5}$$

Donde:

- P= % de asfalto en peso / al peso total
- M= Coeficiente del tráfico (3.75+4.25), escogemos 4
- S= Superficie especifica de los áridos

## Determinación de la superficie de los áridos.

### Ecuación 2.1

$$S=0.17*G+0.33*g+2.3*A+12*a+135*f$$

- G= % Material > 3/8"
- g= % diferencia entre 3/8" y N°4.
- A= % diferencia entre N°4 y N°50.
- a= % diferencia entre N°50 y N°200.
- f= % de agregado que pasa la malla N°200.

#### 2.4.1 Determinación del porcentaje de ligante asfáltico para la mezcla con los agregados de la Mina La Florida

Con los porcentajes de agregados indicados en la fórmula obtenemos la superficie específica de los áridos de la mezcla, de manera que permanezca constante la forma de la curva de dosificación de áridos, ver Tabla No. 2.55. El porcentaje óptimo calculado fue de 5.90%, se adoptó 6.00%.

**Tabla No. 2.57:** Tabla de porcentaje óptimo de asfalto (Mina La Florida)

<b>Calculo del Porcentaje de AC-20</b>				
<b>G =</b>	30.60	0.30596	<b>M =</b>	3.75 – 4.25
<b>g =</b>	18.50	0.18498		
<b>A =</b>	38.48	0.38481		
<b>a =</b>	8.79	0.08792		
<b>f =</b>	3.63	0.03633		
<b>S =</b>	6.95771	<b>P (%) =</b>	<b>5.90</b>	

#### 2.4.2 Determinación del porcentaje de ligante asfáltico para la mezcla con los agregados de la Mina Jambelí

Se dosifican 5 mezclas a partir del porcentaje óptimo obtenido con la fórmula empírica los porcentajes de asfalto se incrementarán en 0.5 %, siendo 2 crecientes y 2

decrecientes a partir del óptimo, en igual proporción los áridos de la mezcla, de manera que permanezca constante la forma de la curva de dosificación de áridos, ver Tabla No. 2.56. El porcentaje óptimo calculado fue de 5.62 %, y se adoptó el 5.50 %.

**Tabla No. 2.58:** Tabla de porcentaje óptimo de asfalto (Mina Jambelí)

<b>Calculo del Porcentaje de AC-20</b>				
<b>G =</b>	33.34	0.33339	<b>M =</b>	3.75 – 4.25
<b>g =</b>	26.02	0.26020		
<b>A =</b>	31.26	0.31258		
<b>a =</b>	6.57	0.06566		
<b>f =</b>	2.82	0.02817		
<b>S =</b>	5.45235	<b>P (%) =</b>	<b>5.62</b>	

### **CAPITULO III. DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE UTILIZANDO MATERIALES PETREOS DE LAS MINAS: LA FLORIDA Y JAMBELI**

#### **3.1. Diseño de mezcla asfáltica en caliente propuestas**

##### **3.1.1. Cantidad de asfalto en los batches de las mezclas propuestas**

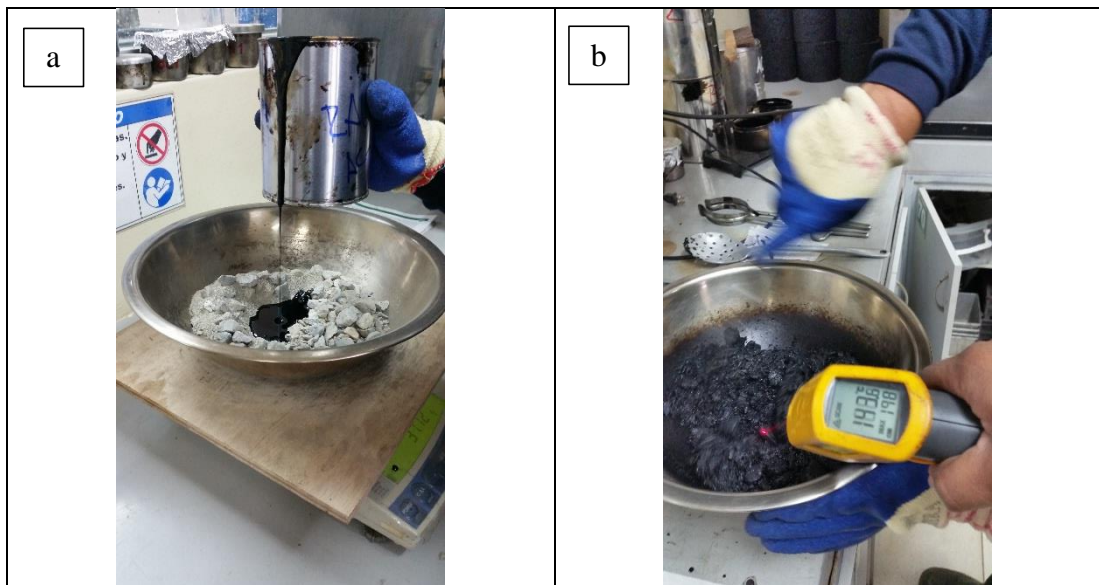
A continuación, presento la metodología seguida, para la elaboración de probetas de ensayo. Cada una contiene una diferente cantidad de asfalto, las muestras se la preparo de la siguiente manera:

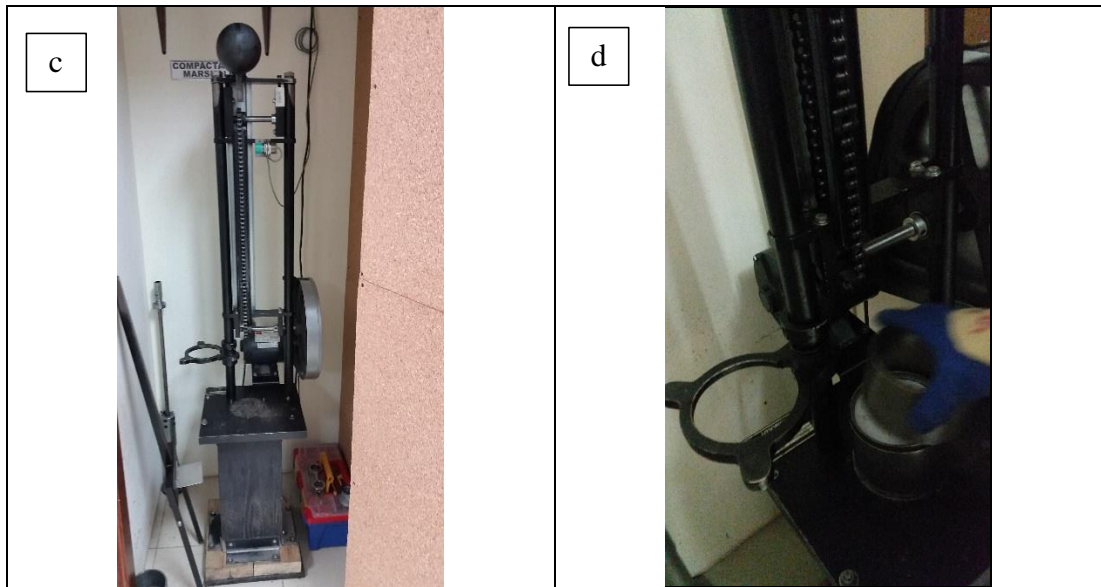
Los agregados se los coloca en un horno entre 115 °C y 140 °C durante 24 horas, para que se mezclen el asfalto se calienta a una temperatura entre 110 °C y 140 °C durante 2 horas aproximadamente, luego se mezcla de tal forma que todas las partículas se recubran de asfalto.

Para simular el proceso de calentamiento y mezclado que ocurre en planta, el asfalto no deberá mantenerse a esta temperatura por más de una hora, (ver fotografía No. 3.1a y b).

Una vez hecha la mezcla, la temperatura no deberá ser menor a 140 °C, esta es colocada en los moldes Marshall, para después compactarlas mediante golpes del martillo que tiene un peso de 10 libras, el mismo que cae a una altura de 18". Para esta investigación se procede a dar 75 golpes por cada cara de la briqueta, esto se hace por cuanto esta mezcla asfáltica es para tráfico pesado (ver fotografía No. 3.1c y d), según las especificaciones dadas por el MTOP en la Tabla 405.5.4.

**Fotografía No. 3.1:** Mezcla y compactación mecánica de briquetas; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q





A continuación, se deja enfriar las briquetas, para posteriormente ser extraídas de los moldes (ver fotografía No. 3.2).

**Fotografía No. 3.2:** Briquetas extraídas de los moldes; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



### 3.1.2. Determinación de la gravedad específica Bulk (AASHTO T166-078)

#### Alcance. -

Esta norma describe el procedimiento para determinar la gravedad específica Bulk para especímenes de mezclas asfálticas compactadas. La densidad aparente viene dada por (SLIDE, <http://es.slideshare.net/marck10/grav-especifica-bulk>, 2012):

### Densidad Específica Bulk.

#### Ecuación 3.1:

$$Gmb = \frac{Wa}{Wss - Ww}$$

Donde:

Gmb= Densidad especifica Bulk

Wa= Masa del espécimen seco

Ww= Masa del espécimen sumergido

Wss= Masa del espécimen saturada superficie seca

**Resultado. -**

**Tabla No. 3.1:** Gravedad especifica Bulk (Mina La Florida)

AATHO T166-07 - METODO DE ENSAYO A						
BRIQUETA / NUCLEO	% BITUMEN	Masa del	Masa del	Masa del	VOLUMEN (c.c.)	Densidad
		Especimen Seco (gr)	Especimen Sumergido (gr)	Especimen SSS (gr)		Bulk (gr/cm3)
1	5,0	1.145,76	666,09	1.147,40	481,31	2,381
2	5,0	1.141,89	661,91	1.143,51	481,60	2,371
3	5,0	1.139,48	662,63	1.141,46	478,83	2,380
4	5,5	1.145,82	664,43	1.147,42	482,99	2,372
5	5,5	1.147,73	669,53	1.149,22	479,69	2,393
6	5,5	1.148,63	667,80	1.150,25	482,45	2,381
7	6,0	1.149,30	671,91	1.150,80	478,89	2,400
8	6,0	1.148,91	668,96	1.150,50	481,54	2,386
9	6,0	1.155,88	666,05	1.157,40	491,35	2,352
10	6,5	1.152,07	672,78	1.153,61	480,83	2,396
11	6,5	1.146,93	662,83	1.148,57	485,74	2,361
12	6,5	1.150,24	671,30	1.151,77	480,47	2,394
13	7,0	1.148,92	668,64	1.150,43	481,79	2,385
14	7,0	1.155,17	672,96	1.156,67	483,71	2,388
15	7,0	1.148,72	671,70	1.150,15	478,45	2,401

**Tabla No. 3.2:** Gravedad específica Bulk (Mina Jambelí)

AATHO T166-07 - METODO DE ENSAYO A						
BRIQUETA / NUCLEO	%	Masa del	Masa del	Masa del	VOLUMEN (c.c.)	Densidad
		Especimen Seco (gr)	Especimen Sumergido (gr)	Especimen SSS (gr)		Bulk (gr/cm <sup>3</sup> )
1	4,5	1.135,17	659,27	1.137,43	478,16	2,374
2	4,5	1.144,36	659,48	1.146,58	487,10	2,349
3	4,5	1.135,64	657,00	1.137,69	480,69	2,363
4	5,0	1.150,12	669,11	1.152,31	483,20	2,380
5	5,0	1.138,33	660,38	1.140,13	479,75	2,373
6	5,0	1.143,97	667,36	1.145,84	478,48	2,391
7	5,5	1.143,44	668,72	1.145,18	476,46	2,400
8	5,5	1.152,67	673,66	1.154,40	480,74	2,398
9	5,5	1.117,00	653,86	1.119,08	465,22	2,401
10	6,0	1.152,23	674,58	1.153,64	479,06	2,405
11	6,0	1.147,12	668,29	1.148,72	480,43	2,388
12	6,0	1.153,44	670,79	1.152,06	481,27	2,397
13	6,5	1.151,56	669,03	1.153,20	484,17	2,378
14	6,5	1.152,48	673,12	1.154,00	480,88	2,397
15	6,5	1.138,65	665,85	1.140,11	474,26	2,401

**Fotografía No. 3.3:** Masa de la briqueleta SSS y sumergida; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



### 3.1.3. Determinación de la gravedad específica máxima teórica (ASTHO T209-08)

#### Alcance. -

Este ensayo determina la gravedad específica máxima teórica y la densidad de mezclas de pavimentación bituminosas compactadas a 77°F (25°C) (ASPHALT, 2015).

#### Gravedad específica máxima (Gmm).

#### Ecuación 3.2:

$$Gmm = \frac{A}{A + B - C}$$

Donde:

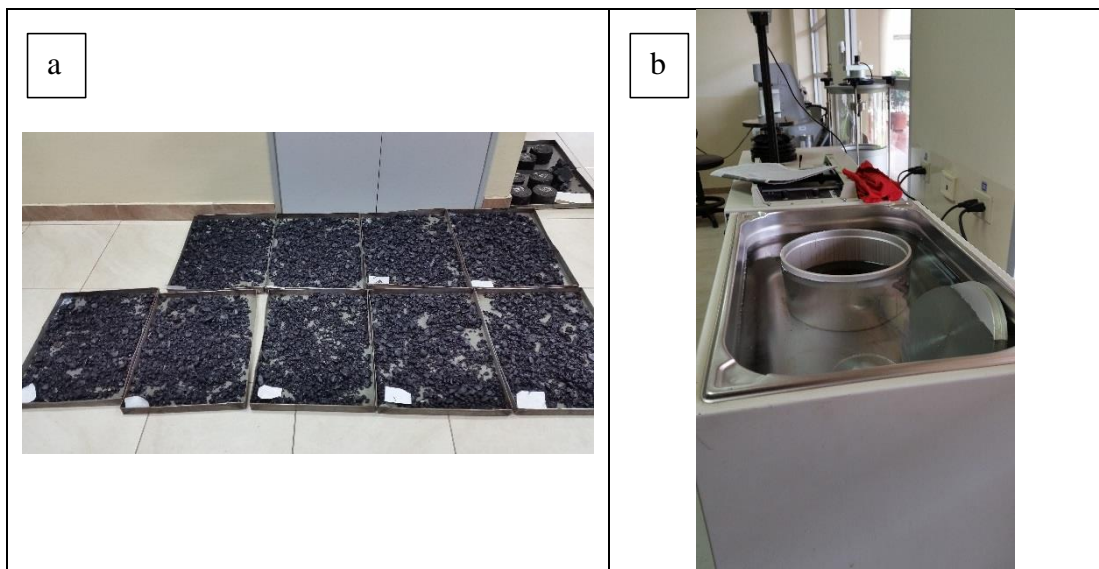
A= Peso de la muestra seca en el aire, en (gr).

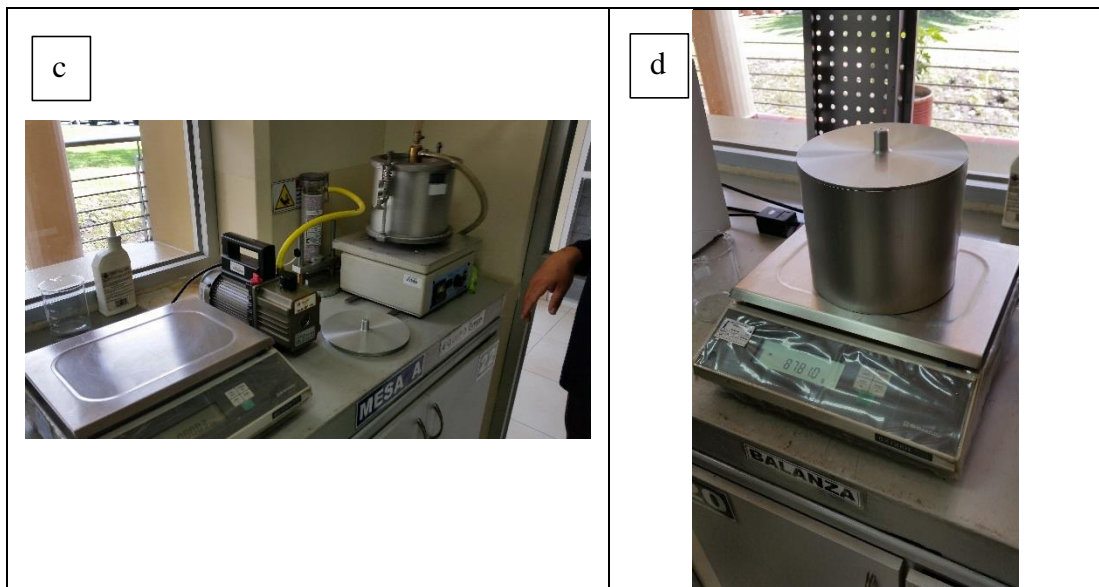
B= Peso del picnómetro + H<sub>2</sub>O a 25°C (77°F), en (gr).

C= Peso del picnómetro + masa + H<sub>2</sub>O a 25°C (77°F), en (gr).

Se escogieron 2 briquetas de cada contenido de asfalto, las mismas que se colocaron en el horno para luego ser disgregados, en la fotografía No. 3.4, se puede observar el ensayo.

**Fotografía No. 3.4:** Ensayo de gravedad específica (Rice); Laboratorio Asfaltos PUCE-Q





**Tabla No. 3.3:** Gravedad específica máxima teórica (Mina La Florida)

<b>AASHTO T 209-08</b>				
<b>Briqueta/Núcleo</b>	<b>Peso muestra (gr)</b>	<b>Picnómetro+masa+H2O</b>	<b>Picnómetro + H2O a 25°C</b>	<b>Gmm</b>
1 – 2	2,285.80	8,781.10	7,413.10	2.491
4 – 5	2,290.30	8,775.60	7,413.10	2.469
7 – 8	2,292.10	8,770.60	7,413.10	2.452
10 -12	2,295.90	8,767.30	7,413.10	2.438
14 – 15	2,307.60	8,769.10	7,413.10	2.425

**Tabla No. 3.4:** Gravedad específica máxima teórica (Mina Jambelí)

<b>AASHTO T 209-08</b>				
<b>Briqueta/Núcleo</b>	<b>Peso muestra (gr)</b>	<b>Picnómetro+masa+H2O</b>	<b>Picnómetro + H2O a 25°C</b>	<b>Gmm</b>
A – B	2,272.70	8,775,30	7,413.10	2.496
E – F	2,283.01	8,774.40	7,413.10	2.477
G – I	2,206.40	8,756.80	7,413.10	2.466
L – J	2,293.80	8,768.70	7,413.10	2.445
N – O	5,287.00	8,761.10	7,413.10	2.436

**Tabla No. 3.5:** Calculo gravedad específica máxima teórica óptima (Mina La Florida)

RICE	x (% asfalto)	y (Gmm)	x <sup>2</sup>	xy	x <sup>3</sup>	x <sup>2</sup> y	x <sup>4</sup>
1	5.0	2.491	25	12.45	125	62.26	625
2	5.5	2.469	30	13.58	166	74.67	915
3	6.0	2.452	36	14.71	216	88.29	1296
4	6.5	2.438	42	15.85	275	103.01	1785
5	7.0	2.425	49	16.97	343	118.82	2401
SUMA	30.0	12.3	182.5	73.6	1125.0	447.1	7022.1
# DATOS	5	Sxx	Sxy	Sxx <sup>2</sup>	Sx <sup>2</sup> y	Sx <sup>2</sup> x <sup>2</sup>	
		2.50	-	30	-	360.875	
		<b>a</b>	0.0056				
		<b>b</b>	-0.0989				
		<b>c</b>	2.8459				
	<b>% DE ASFALTO ÓPTIMO</b>		<b>5.7</b>				
	<b>RICE DE LA MEZCLA ÓPTIMO</b>		<b>2.462</b>				

**Tabla No. 3.6:** Calculo gravedad específica máxima teórica óptima (Mina Jambelí)

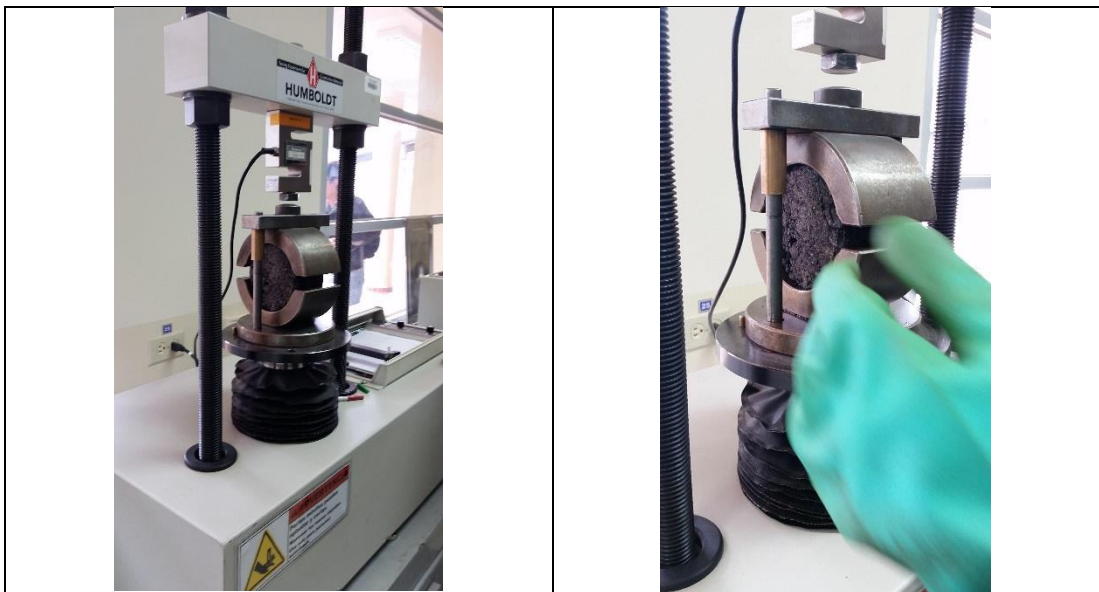
RICE	x (% asfalto)	y (Gmm)	x <sup>2</sup>	xy	x <sup>3</sup>	x <sup>2</sup> y	x <sup>4</sup>
1	4.5	2.496	20	11.23	91	50.55	410
2	5.0	2.477	25	12.38	125	61.92	625
3	5.5	2.466	30	13.56	166	74.59	915
4	6.0	2.445	36	14.67	216	88.02	1296
5	6.5	2.436	42	15.83	275	102.90	1785
SUMA	27.5	12.3	153.8	67.7	873.1	378.0	5031.2
# DATOS	5	Sxx	Sxy	Sxx <sup>2</sup>	Sx <sup>2</sup> y	Sx <sup>2</sup> x <sup>2</sup>	
		2.50	-0.076548	27.5	-0.839554	303.375	
		<b>a</b>	0.0028				
		<b>b</b>	-0.0618				
		<b>c</b>	2.7166				
	<b>% DE ASFALTO ÓPTIMO</b>		<b>5.7</b>				
	<b>RICE DE LA MEZCLA ÓPTIMO</b>		<b>2.456</b>				

### 3.1.4. Determinación del porcentaje óptimo de asfalto Ensayo Marshall (ASTM D6927)

#### Alcance. -

Este método de ensayo cubre la medición de la resistencia al flujo de plástico de probetas cilíndricas de mezcla de pavimentación bituminosa cargada en una dirección perpendicular al eje cilíndrico por medio del aparato Marshall 102mm (4 pulg.). este método de prueba es para el uso con mezclas bituminosas densas graduadas elaborados con cemento asfáltico (modificado y no modificado), asfalto, alquitrán y brea de goma con el agregado de tamaño máximo de hasta 25mm (1 pulgada) de tamaño del tamiz (PUCE-Q, 2013).

**Fotografía No. 3.5:** Ensayo Marshall; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



#### Ecuación 3.3:

$$Gsb = \frac{P1 + P2 + \dots + Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \dots + \frac{Pn}{Gn}}$$

Donde:

Gsb = Gravedad específica de masa promedio.

G1,G2,.....Gn = Valores de gravedad específica por fracción 1,2,....., n.

P1,P2,.....Pn = Porcentaje en pesos de la fracción 1,2,....., n.

**Ecuación 3.4:**

$$V_{agr} = \frac{\% \text{ agregados} * G_b}{G_{agr}}$$

Donde:

$V_{agr}$  = Volumen de agregado en porcentaje.

$G_b$  = Densidad específica del cemento asfáltico.

$G_{agr}$  = Gravedad específica de los agregados.

Se calcula el porcentaje de vacíos con aire respecto al volumen total de la probeta.

**Ecuación 3.5:**

$$V_v = \left[ 1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right] * 100$$

Donde:

$V_v$  = Volumen de vacíos llenos de aire.

$G_{mb}$  = Gravedad específica “bulk” promedio de las briquetas.

$G_{mm}$  = Gravedad específica teórica máxima de la mezcla (RICE), no incluye los vacíos de aire.

Se calcula el porcentaje en volumen del cemento asfáltico.

**Ecuación 3.6:**

$$V_{ca} = 100 - V_{agr} - V_v$$

Donde:

$V_{ca}$  = Volumen de cemento asfáltico.

$V_{agr}$  = Volumen de agregado en porcentaje.

$V_v$  = Volumen de vacíos llenos de aire.

Se determina el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM).

**Ecuación 3.7:**

$$VAM = 100 - Vagr.$$

Se calcula el porcentaje de vacíos llenos asfalto (VAF).

**Ecuación 3.8:**

$$VAF = \left[ \frac{VAM - Vv}{VAM} \right] * 100$$

Determinamos el contenido de asfalto efectivo, Pbe, de la mezcla que es el contenido total de asfalto menos la cantidad de asfalto que absorbió el agregado.

**Ecuación 3.9:**

$$Pbe = Pb - \left[ \frac{Pba * Ps}{100} \right]$$

Donde:

Pbe = Contenido de asfalto efectivo, porcentaje por peso total de la mezcla.

Pb = Contenido de asfalto, porcentaje del peso total de la mezcla.

Ps = Contenido de agregado, porcentaje por peso total de la mezcla.

Pba = Asfalto absorbido, porcentaje por peso del agregado.

**Corrección de la Estabilidad de cada probeta.**

El factor de corrección de estabilidad se lo realiza en función del volumen de cada briqueta, este factor es tomado del cuadro que se encuentra en el anexo 1.

Los resultados de los ensayos realizados, ver en la Tabla No. 3.7 y Tabla No. 3.8, se procedió a dibujar las curvas correspondientes a las siguientes relaciones:

- Porcentaje de Asfalto vs. densidad de la probeta.
- Porcentaje de Asfalto vs. porcentaje de vacíos en aire con respecto a la mezcla total.
- Porcentaje de Asfalto vs. vacíos de agregado mineral (VAM).
- Porcentaje de Asfalto vs. porcentaje de vacíos llenos de Asfalto (VFA).
- Porcentaje de Asfalto vs. estabilidad corregida.

- Porcentaje de Asfalto vs. fluencia (flujo).

Con los datos obtenidos se dibujan las curvas de cada relación descritas en el párrafo anterior, esto se puede observar en las Tablas No. 3.1 y 3.2, en cada una de estas relaciones se determina el porcentaje óptimo de asfalto excepto en la gráfica de flujo (Avila M, 2014).

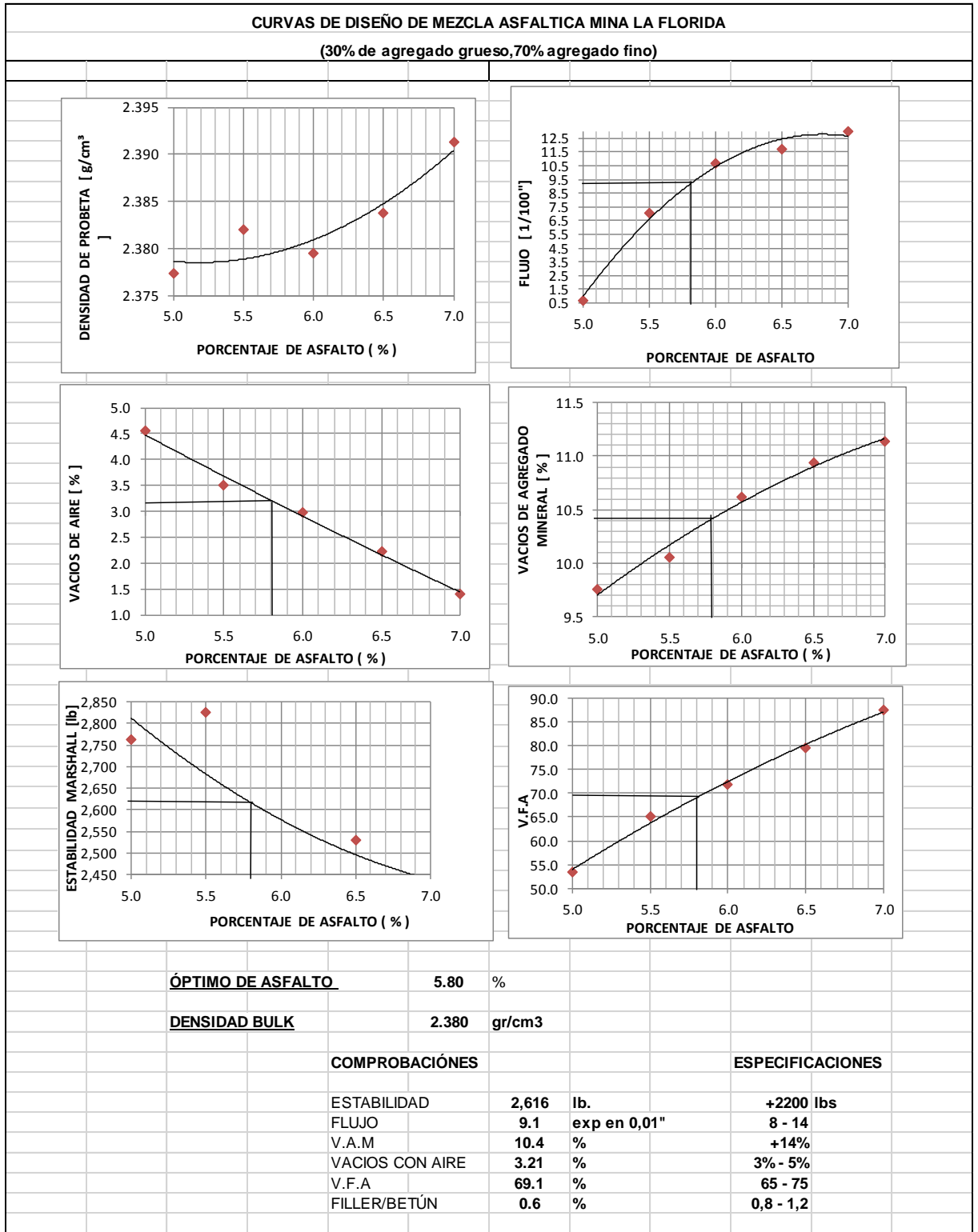
**Tabla No. 3.7: Datos de las mezclas asfálticas (Mina La Florida)**

<b>PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA LA FLORIDA (30% de agregado grueso,70% agregado fino)</b>																					
Nº Golpes=75 x cara			Ge de AC20=1.007			PENETRACION ASFALTO=60-70				G.E AGREGADOS PARA DISEÑO=2.495						PRENSA MARSHALL					
MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC.	P.E. BULK. AGREGADO GSB	P.E. EFECTIVO AGREGADO GSE	% C.A. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN G/G	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	% C.A. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC.			FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		PROBETA DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTAL	C.A					LBS	LBS. CORREG.	
1	3/4"	30.0				1145.76	1147.40	666.09	481.31	2.381								1.14	2640	<b>3010</b>	0.9
2	3/8"	70.0				1141.89	1143.51	661.91	481.60	2.371								1.14	2440	<b>2782</b>	0.4
3	ARENA	0.0				1139.48	1141.46	662.63	478.83	2.380								1.14	2190	<b>2497</b>	0.85
	% C.A	5.0																			
			<b>2.503</b>	<b>2.700</b>	2.940					<b>2.377</b>	<b>2.491</b>	<b>90.25</b>	<b>4.54</b>	<b>5.21</b>	<b>9.75</b>	<b>53.4</b>	<b>2.21</b>			<b>2,763</b>	<b>0.7</b>
4	3/4"	30.0				1145.82	1147.42	664.43	482.99	2.372								1.14	2500	<b>2850</b>	10
5	3/8"	70.0				1147.73	1149.22	669.53	479.69	2.393								1.14	2470	<b>2816</b>	10.25
6	ARENA	0.0				1148.63	1150.25	667.80	482.45	2.381								1.14	2470	<b>2816</b>	0.95
	% C.A	5.5																			
			<b>2.503</b>	<b>2.696</b>	2.890					<b>2.382</b>	<b>2.469</b>	<b>89.95</b>	<b>3.51</b>	<b>6.55</b>	<b>10.05</b>	<b>65.1</b>	<b>2.77</b>			<b>2,827</b>	<b>7.1</b>
7	3/4"	30.0				1149.30	1150.80	671.91	478.89	2.400								1.14	2460	<b>2804</b>	10
8	3/8"	70.0				1148.91	1150.50	668.96	481.54	2.386								1.14	2250	<b>2565</b>	11
9	ARENA	0.0				1155.88	1157.40	666.05	491.35	2.352								1.09	1800	<b>1962</b>	11
	% C.A	6.0																			
			<b>2.503</b>	<b>2.700</b>	2.939					<b>2.379</b>	<b>2.452</b>	<b>89.38</b>	<b>2.98</b>	<b>7.64</b>	<b>10.62</b>	<b>72.0</b>	<b>3.24</b>			<b>2,444</b>	<b>10.7</b>
10	3/4"	30.0				1152.07	1153.61	672.78	480.83	2.396								1.14	2410	<b>2747</b>	12.5
11	3/8"	70.0				1146.93	1148.57	662.83	485.74	2.361								1.09	1940	<b>2115</b>	11.5
12	ARENA	0.0				1150.24	1151.77	671.30	480.47	2.394								1.14	2390	<b>2725</b>	11
	% C.A	6.5																			
			<b>2.503</b>	<b>2.705</b>	3.014					<b>2.384</b>	<b>2.438</b>	<b>89.06</b>	<b>2.23</b>	<b>8.71</b>	<b>10.94</b>	<b>79.6</b>	<b>3.68</b>			<b>2,529</b>	<b>11.7</b>
13	3/4"	30.0				1148.92	1150.43	668.64	481.79	2.385								1.14	2150	<b>2451</b>	11
14	3/8"	70.0				1155.17	1156.67	672.96	483.71	2.388								1.09	2375	<b>2589</b>	13
15	ARENA	0.0				1148.72	1150.15	671.70	478.45	2.401								1.14	2010	<b>2291</b>	15
	% C.A	7.0																			
			<b>2.503</b>	<b>2.712</b>	3.112					<b>2.391</b>	<b>2.425</b>	<b>88.86</b>	<b>1.39</b>	<b>9.75</b>	<b>11.14</b>	<b>87.5</b>	<b>4.11</b>			<b>2,444</b>	<b>13.0</b>

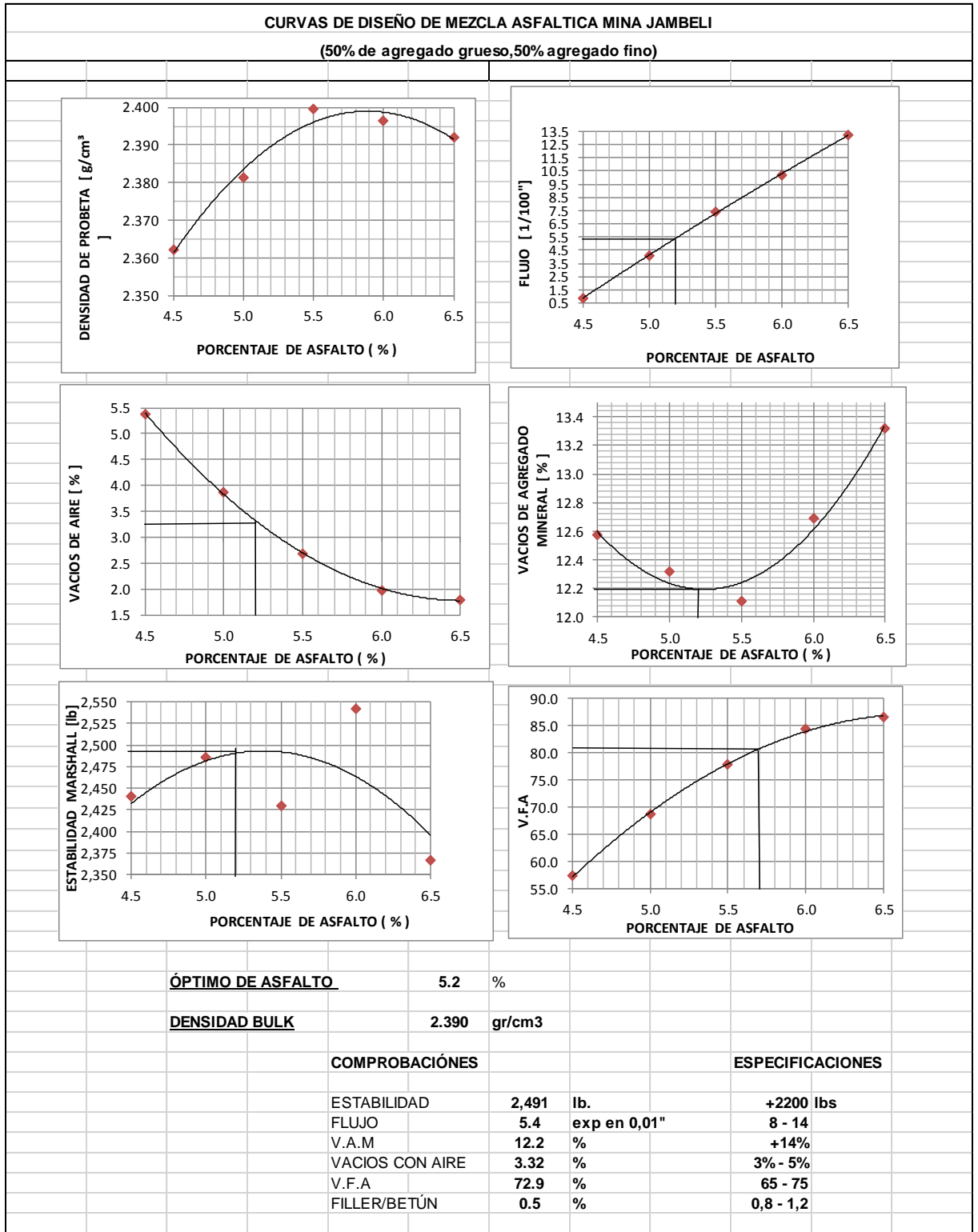
**Tabla No. 3.8: Datos de las mezclas asfálticas (Mina Jambelí)**

<b>PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA JAMBELI (50% de agregado grueso,50% agregado fino)</b>																					
Nº Golpes=75 x cara			Ge de AC20=1.007			PENETRACION ASFALTO=60-70			G.E AGREGADOS PARA DISEÑO=2.495						PRENSA MARSHALL						
MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC.	P.E BULK AGREGADO GSB	P.E EFECTIVO AGREGADO GSE	% C.A. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN C.C.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	% C.A. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC.	PRENSA MARSHALL		FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		PROBETA DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTAL	C.A					LBS	LBS. CORREG.	
1	3/4"	20.0				1135.17	1137.43	659.27	478.16	2.374								1.14	2380	2713	0.96
2	3/8"	30.0				1144.36	1146.58	659.48	487.10	2.349								1.09	2125	2316	0.9
3	ARENA	50.0				1135.64	1137.69	657.00	480.69	2.363								1.14	2010	2291	0.8
	% C.A	4.5																			
			<b>2.580</b>	<b>2.683</b>	1.496					<b>2.362</b>	<b>2.496</b>	<b>87.43</b>	<b>5.37</b>	<b>7.20</b>	<b>12.57</b>	<b>57.3</b>	<b>3.07</b>			<b>2,440</b>	<b>0.9</b>
4	3/4"	20.0				1150.12	1152.31	669.11	483.20	2.380								1.09	1990	2169	0.95
5	3/8"	30.0				1138.33	1140.13	660.38	479.75	2.373								1.14	2540	2896	10.5
6	ARENA	50.0				1143.97	1145.84	667.36	478.48	2.391								1.14	2100	2394	0.9
	% C.A	5.0																			
			<b>2.580</b>	<b>2.683</b>	1.495					<b>2.381</b>	<b>2.477</b>	<b>87.68</b>	<b>3.86</b>	<b>8.46</b>	<b>12.32</b>	<b>68.7</b>	<b>3.58</b>			<b>2,486</b>	<b>4.1</b>
7	3/4"	20.0				1143.44	1145.18	668.72	476.46	2.400								1.14	2335	2662	0.85
8	3/8"	30.0				1152.67	1154.40	673.66	480.74	2.398								1.14	1575	1796	10.2
9	ARENA	50.0				1117.00	1119.08	653.86	465.22	2.401								1.19	2380	2832	11.2
	% C.A	5.5																			
			<b>2.580</b>	<b>2.693</b>	1.632					<b>2.400</b>	<b>2.466</b>	<b>87.89</b>	<b>2.69</b>	<b>9.43</b>	<b>12.11</b>	<b>77.8</b>	<b>3.96</b>			<b>2,430</b>	<b>7.4</b>
10	3/4"	20.0				1152.23	1153.64	674.58	479.06	2.405								1.14	2425	2765	10
11	3/8"	30.0				1147.12	1148.72	668.29	480.43	2.388								1.14	1890	2155	10
12	ARENA	50.0				1153.44	1152.06	670.79	481.27	2.397								1.14	2375	2708	10.5
	% C.A	6.0																			
			<b>2.580</b>	<b>2.690</b>	1.593					<b>2.397</b>	<b>2.445</b>	<b>87.31</b>	<b>1.98</b>	<b>10.71</b>	<b>12.69</b>	<b>84.4</b>	<b>4.50</b>			<b>2,542</b>	<b>10.2</b>
13	3/4"	20.0				1151.56	1153.20	669.03	484.17	2.378								1.09	1960	2136	11.5
14	3/8"	30.0				1152.48	1154.00	673.12	480.88	2.397								1.14	2380	2713	12.8
15	ARENA	50.0				1138.65	1140.11	665.85	474.26	2.401								1.14	1975	2252	15
	% C.A	6.5																			
			<b>2.580</b>	<b>2.702</b>	1.758					<b>2.392</b>	<b>2.436</b>	<b>86.68</b>	<b>1.79</b>	<b>11.53</b>	<b>13.32</b>	<b>86.6</b>	<b>4.86</b>			<b>2,367</b>	<b>13.3</b>

**Grafico No. 3.1:** Curva de diseño de mezcla asfáltica (Mina La Florida)



**Grafico No. 3.2:** Curva de diseño de mezcla asfáltica (Mina Jambelí)



**Nota:** hay que indicar que en la Mina La Florida, al realizar la caracterización del agregado se determinó, que no existe la granulometría de 3/8”, por lo que se adoptó los valores del agregado de 3/8” de la Mina Jambelí, esto lo hacemos por cuanto las dos minas se proveen del Rio Aguarico.

### 3.1.5. Determinación de la Peladura (ASTM D3625/D3625M-12)

#### Alcance. -

Este ensayo trata sobre un procedimiento rápido para la observación visual de la pérdida de adherencia en bituminosos recubiertos con mezcla de agregados compactados debido a la acción del agua hirviendo (ASTM, 2009, julio).

#### Cálculos. -

#### Porcentaje de peladura

#### Ecuación 3.10:

$$\% \text{ peladura} = \frac{A}{B} * 100$$

Donde:

A = Masa total de la muestra cubierta de asfalto, en (gr).

B = Masa de la muestra semicubierta de asfalto bajo la acción del agua destilada a 70°C, en (gr).

En las fotografías 3.6, se puede observar el ensayo de peladura.

**Fotografía No. 3.6:** Ensayo de Peladura; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q





## Resultados. -

**Tabla No. 3.9:** Peladura (Mina La Florida)

ASTM D3625 / D3625 M-12			
MINA	MASA MUESTRA (gr)	MASA PELADURA (gr)	% PELADURA
LA FLORIDA	252.33	53.19	21.080

**Tabla No. 3.10:** Peladura (Mina Jambelí)

ASTM D3625 / D3625 M-12			
MINA	MASA MUESTRA (gr)	MASA PELADURA (gr)	% PELADURA
JAMBELI	252.51	50.44	19.975

### 3.1.6. Selección del contenido óptimo de asfalto (Método Marshall)

Con los resultados obtenidos según el criterio de Estabilidad y Flujo del Método Marshall

**Tabla No. 3.11:** Resumen de resultados del Diseño Marshall (Mina La Florida)

Parámetro	Marshall	Norma	Especificación MTOP	
Contenido de asfalto (%)	5.7	---		---
VMA (%)	14.7	13 Min	ASTM D1559	No Cumple

Va (%)	3.36	3 a 5	ASTM D1559	Cumple
Gmb. (gr/cm <sup>3</sup> )	2.379	---	ASTM D1188	---
Gmm.	2.462	---	ASTM D2014	---
Estabilidad (Lb)	2.638	2200 Min	ASTM D1559	Cumple
Flujo (Pulg/100)	8.4	8 - 14	ASTM D1559	Cumple

**Tabla No. 3.12:** Resumen de resultados del Diseño Marshall (Mina Jambelí)

Parámetro	Marshall	Norma	Especificación MTOP	
Contenido de asfalto (%)	5.7	---		---
VMA (%)	12.3	13 Min	ASTM D1559	Cumple
Va (%)	2.37	3 a 5	ASTM D1559	No Cumple
Gmb. (gr/cm <sup>3</sup> )	2.398	---	ASTM D1188	---
Gmm.	2.456	---	ASTM D2014	---
Estabilidad (Lb)	2.485	2200 Min	ASTM D1559	Cumple
Flujo (Pulg/100)	8.5	8 - 14	ASTM D1559	Cumple

Una vez obtenido el porcentaje de mezcla óptima en las curvas Marshall tanto de la Mina La Florida, como de la Mina Jambelí, procedemos a fabricar 6 briquetas por cada una de las minas seleccionadas. Como podemos observar en las tablas No. 3.1; 3.2 y 4.1.

**Tabla No. 3.13:** Porcentaje óptimo de asfalto

Mina	Agregado grueso	Agregado fino	% asfalto óptimo	# de briquetas
La Florida	30	70	5.7	6
Jambelí	50	50	5.7	6

### 3.2. Diseño de Mezcla Asfáltica en caliente óptima

#### 3.2.1 Cantidad de asfalto en los batches de las mezclas óptimas

Se mezclan los agregados con el porcentaje de asfalto óptimo realizado con el criterio de Estabilidad y Flujo del ensayo Marshall, en donde se determina con las gráficas que relacionan el porcentaje de asfalto con la densidad, porcentaje de vacíos de aire, vacíos de agregado mineral, porcentaje de vacíos llenos de asfalto, estabilidad corregida, a continuación se presentan las tablas No. 3.16 y 3.17, donde se muestra la cantidad de asfalto en función de la masa de cada batche de las Minas La Florida y Jambelí.

**3.2.2 Obtención de diámetros y espesores de las briquetas (ASTM D3549)  
Alcance. -**

Este método de ensayo cubre la determinación del espesor (o altura) de especímenes compactados con mezcla de pavimentación bituminosa (ASTM, Standard Test Method for Thickness or Height of Compacted Bituminous Paving Mixture Specimens, s/n).

**Resultados. -**

**Tabla No. 3.14:** Diámetros y espesores de las briquetas (Mina La Florida)

Identificación del Espécimen	LECTURAS (mm)					PROMEDIO (mm)
	E/D	1	2	3	4	
1	ESPESOR	59.96	59.68	59.67	59.84	59.788
	DIAMETRO	101.64	101.69	101.69	101.84	101.715
2	ESPESOR	59.87	59.64	59.36	60.13	59.750
	DIAMETRO	102.18	102.28	102.27	102.31	102.260
3	ESPESOR	60.63	60.32	60.40	60.50	60.463
	DIAMETRO	101.54	101.61	101.55	101.67	101.593
4	ESPESOR	60.97	60.97	60.61	60.67	60.805
	DIAMETRO	101.73	101.74	101.73	101.68	101.720
5	ESPESOR	60.73	60.41	60.15	60.41	60.425
	DIAMETRO	101.58	101.57	101.70	102.32	101.793
6	ESPESOR	61.21	61.30	61.32	61.24	61.268
	DIAMETRO	101.44	101.48	101.60	101.61	101.533

**Tabla No. 3.15:** Diámetros y espesores de las briquetas (Mina Jambelí)

Identificación del Espécimen	LECTURAS (mm)					PROMEDIO (mm)
	E/D	1	2	3	4	
A	ESPESOR	61.08	60.60	60.56	60.62	60.715
	DIAMETRO	101.50	101.50	101.45	101.36	101.453
B	ESPESOR	60.89	61.02	60.91	60.83	60.913
	DIAMETRO	101.74	101.71	101.74	101.54	101.683
C	ESPESOR	59.28	59.82	59.74	59.09	59.483
	DIAMETRO	101.65	101.54	101.73	101.62	101.635
D	ESPESOR	59.99	60.28	60.02	59.79	60.020
	DIAMETRO	101.49	101.50	101.52	101.50	101.503
E	ESPESOR	60.32	60.57	60.59	60.40	60.470
	DIAMETRO	101.30	101.44	101.29	101.33	101.340
F	ESPESOR	60.39	59.85	59.86	60.10	60.050
	DIAMETRO	101.75	101.68	101.80	101.54	101.693

**Fotografía No. 3.7:** Briquetas Mina La Florida y Mina Jambelí; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



### 3.2.3 Determinación de la gravedad específica Bulk (ASTHO T166-078)

#### Alcance. -

Esta norma describe el procedimiento para determinar la gravedad específica Bulk para especímenes de mezclas asfálticas compactadas (ASTHO, 2015-02-13). La densidad aparente viene dada por:

#### Densidad Específica Bulk.

#### Ecuación 3.1:

$$Gmb = \frac{Wa}{Wss - Ww}$$

Donde:

Gmb= Densidad específica Bulk

Wa= Masa del espécimen seco

Ww= Masa del espécimen sumergido

Wss= Masa del espécimen saturada superficie seca

En este ensayo se pesan las briquetas con contenido óptimo de asfalto en seco, sumergido y saturado superficie y seco de las 6 briquetas de la Mina La Florida y Mina Jambelí, para de esta manera obtener la densidad Bulk, para este caso aplicamos la Ecuación 3.1.

**Resultado. -**

**Tabla No. 3.16:** Gravedad específica Bulk (Mina La Florida)

<b>AASTHO T166-07 – METODO DE ENSAYO A</b>					
<b>BRIQUETA / NUCLEO</b>	<b>Masa del Espécimen Seco (gr)</b>	<b>Masa del Espécimen Sumergido (gr)</b>	<b>Masa del Espécimen SSS (gr)</b>	<b>VOLUMEN (c.c.)</b>	<b>Densidad Bulk (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
01	1,153.94	673.34	1,154.09	480.75	2.400
02	1,151.49	669.98	1,151.86	481.88	2.390
03	1,154.69	673.03	1,154.85	481.82	2.397
04	1,155.29	670.25	1,155.43	485.18	2.381
05	1,153.47	671.31	1,153.60	482.29	2.392
06	1,152.06	668.70	1,152.45	483.75	2.382

**Tabla No. 3.17:** Gravedad específica Bulk (Mina Jambelí)

<b>AASTHO T166-07 – METODO DE ENSAYO A</b>					
<b>BRIQUETA / NUCLEO</b>	<b>Masa del Espécimen Seco (gr)</b>	<b>Masa del Espécimen Sumergido (gr)</b>	<b>Masa del Espécimen SSS (gr)</b>	<b>VOLUMEN (c.c.)</b>	<b>Densidad Bulk (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
A	1,152.89	671.74	1,153.05	481.31	2.395
B	1,153.94	672.74	1,154.14	481.40	2.397
C	1,137.28	661.80	1,137.56	475.76	2.390
D	1,140.08	665.46	1,140.34	474.88	2.401
E	1,148.41	669.96	1,148.75	478.79	2.399
F	1,139.12	662.77	1,139.25	476.48	2.391

### 3.2.4 Gravedad específica Máxima Teórica (AASTO T 209-08)

Una vez realizado el ensayo Marshall se escogen dos (2) briquetas ensayadas de cada mina y se las coloca en el horno, luego se procede a disgregar las briquetas, tratando que no queden partículas del agregado pegadas entre sí, una vez disgregadas se espera a que tenga una temperatura de 20 °C, y, que el agua este a una temperatura de 25 °C, para realizar el ensayo utilizaremos la siguiente ecuación (Mixtures, enero-2013):

**Ecuación 3.2:**

$$Gmm = \frac{A}{A + B - C}$$

Donde:

A= Peso de la muestra seca en el aire, en (gr).

B= Peso del picnómetro + H<sub>2</sub>O a 25°C (77°F), en (gr).

C= Peso del picnómetro + masa + H<sub>2</sub>O a 25°C (77°F), en (gr).

Se escogieron 2 briquetas de cada contenido de asfalto, las mismas que se colocaron en el horno para luego ser disgregados, en la fotografía No. 3.7, se puede observar el ensayo.

**Fotografía No. 3.8:** Briquetas Mina La Florida y Mina Jambelí; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



**Resultados. -**

**Tabla No. 3.18:** Gravedad Máxima Teórica (Mina La Florida)

AASHTO T209 – 08				
Briqueta / Núcleo	Masa muestra (gr)	Picnómetro + masa + H <sub>2</sub> O	Picnómetro + H <sub>2</sub> O a 25°C	Gmm
1 - 2	2,305.43	8,780.50	7,412.50	2.459

**Tabla No. 3.23:** Gravedad Máxima Teórica (Mina Jambelí)

AASHTO T209 – 08				
<b>Briqueta / Núcleo</b>	<b>Masa muestra (gr)</b>	<b>Picnómetro + masa + H2O</b>	<b>Picnómetro + H2O a 25°C</b>	<b>Gmm</b>
A - B	2,305.30	8,782.00	7,412.50	2.463

## **CAPITULO IV ENSAYOS DE PROBETAS, OBTENCION DE RESULTADOS Y ANALISIS DE CORRELACION ESTABILIDAD VS. MODULO DE RIGIDEZ**

### **4.1 Ensayo de Modulo de Rigidez para cada tipo de mezcla asfáltica en caliente propuesto según el Método EN 12697-26:2004 Anexo C, “Indirect tensión in cylindrical specimens Test”.**

#### **Alcance. -**

Esta norma europea especifica los métodos para caracterizar la rigidez de las mezclas bituminosas por pruebas alternativas, incluyendo ensayos de flexión y las pruebas directas e indirectas a la tracción. Las pruebas se realizan en material bituminoso compactado bajo una carga sinusoidal u otra carga controlada, el uso de diferentes tipos de muestras y soportes (Lagla Y., 2014).

#### **4.1.1 Introducción**

Este es un método simple y representativo que permite simular la respuesta del pavimento flexible mediante la cual se obtiene la carga máxima, este método es un ensayo no destructivo.

El procedimiento se utiliza para clasificar mezclas bituminosas sobre la base de la rigidez, como una guía relativa del rendimiento en el pavimento, para obtener datos para poder estimar el comportamiento estructural de la carretera y para poder juzgar los datos de prueba de acuerdo con las especificaciones para mezclas bituminosas.

Como esta norma no impone un determinado tipo de dispositivo de prueba de la elección, precisa de condiciones de prueba y depende de las posibilidades y el rango de trabajo del dispositivo utilizado (Angelone, Martinez, Santamaria, Gavilan, & Cauhape, 2006-agosto).

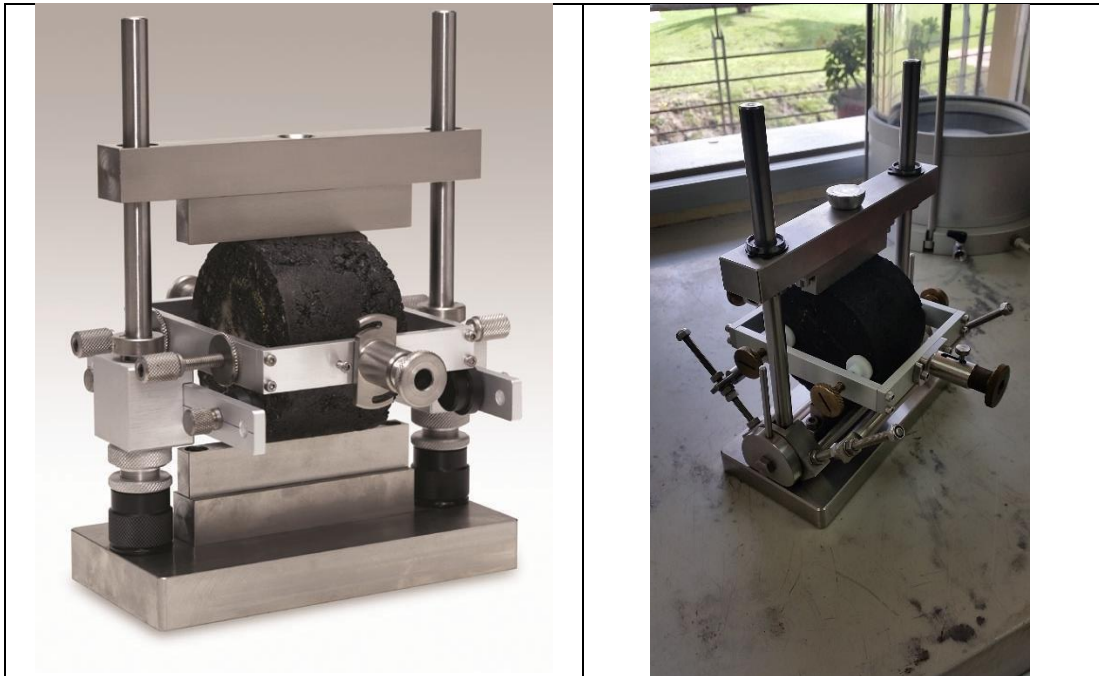
#### **4.1.2 Equipo utilizado**

1. Neumático de carga de acero
2. Marco de carga de acero
3. Celda de carga
4. Carga superior de la platina
5. Muestra de ensayo
6. Ajustador de LVDT (Linear Variable Differentia Transducer)
7. LVDT marco de montaje

8. Platina

9. Alineación LVDT

**Fotografía No. 4.1:** Equipo de prueba; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



El ancho de la franja de carga y la profundidad nominal del segmento cóncavo está en función de la siguiente dimensión de la briqueta.

**Tabla No. 4.1:** Cuadro de dimensiones

<b>CUADRO DE DIMENSIONES</b>		
<b>Diámetro del Modelo nominal mm</b>	<b>Ancho de la franja de carga mm</b>	<b>Profundidad nominal del segmento cóncavo mm</b>
80	$10 \pm 1$	$0.3 \pm 0.05$
100	$12 \pm 1$	$0.4 \pm 0.05$
120	$15 \pm 1$	$0.5 \pm 0.05$
150	$19 \pm 1$	$0.6 \pm 0.05$
200	$25 \pm 1$	$0.7 \pm 0.05$

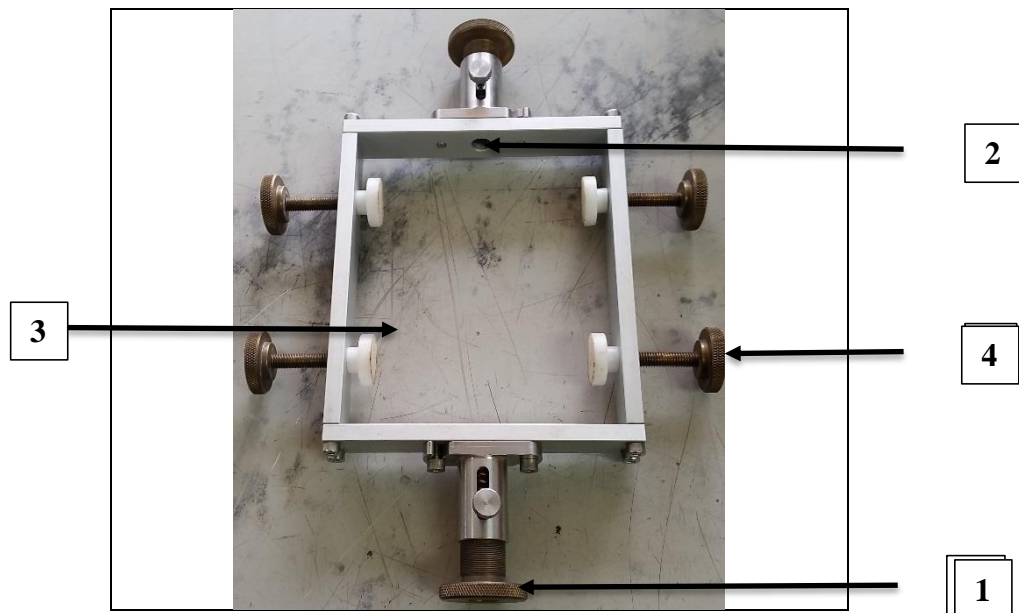
#### 4.1.2.1 Pieza para medir deformaciones

Esta pieza es capaz de controlar la deformación diametral y horizontal de la muestra, durante la aplicación de pulsos de carga, y, la precisión de la medición es de 1 micra  $\pm$  50 micras. El valor máximo de deformación horizontal, es la amplitud del cambio de diámetro horizontal de la muestra ver fotografía 4.2.

Esta pieza está conformada por siguientes elementos:

1. Ajustador de LVDT
2. LVDT (Linear Variable Differential Transducer)
3. Marco de montaje
4. Sujetadores

**Fotografía No. 4.2:** Pieza para medir deformaciones; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q

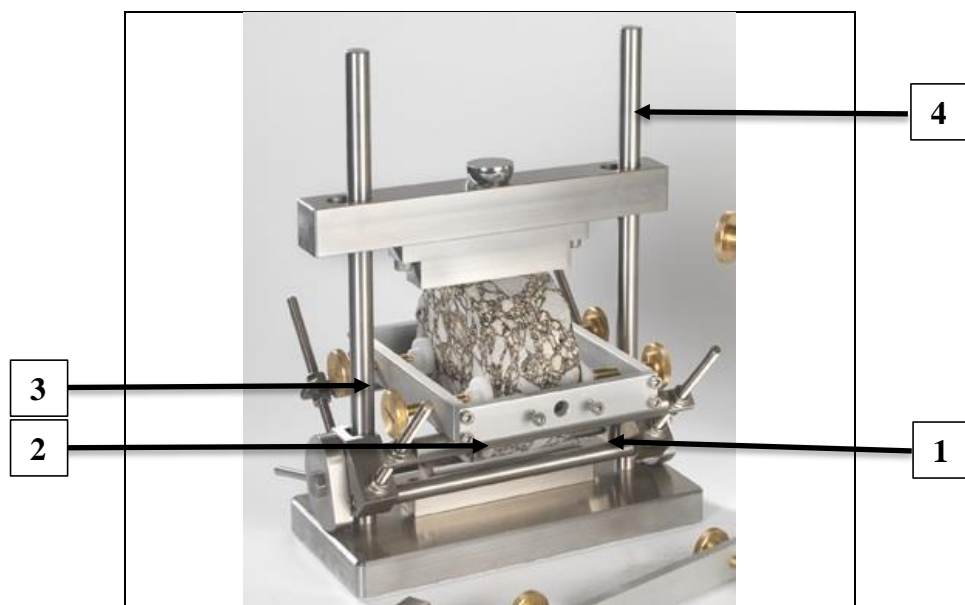


#### 4.1.2.2 Pieza de alineación

Está conformado por dos piezas LVDT que están montados uno frente a otro en un marco rígido. En el momento de la prueba el marco se sostendrá con las pinzas y no estará en contacto con el equipo.

1. Canal de localización del marco para la carga
2. Alineación LVDT marco a marco
3. Tuercas de ajuste
4. Barra de liberación de alineación

**Fotografía No. 4.3:** Pieza de alineación; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



#### 4.1.2.3 Preparación de la muestra

Los especímenes tendrán un espesor entre 30mm y 75mm, y, un diámetro nominal de 80mm, 100mm, 120mm, 150mm o 200mm, en nuestro caso tiene un espesor de 60mm y un diámetro de 100mm, estas dimensiones se elegirán en relación con el tamaño máximo total de la mezcla, el espesor de cada muestra se determinará de acuerdo a la Norma EN 12627-29

#### 4.1.2.4 Condiciones de almacenamiento

Para periodos de almacenamiento inferiores a 4 días, la temperatura no será superior a 25°C, para el almacenamiento de 4 días, la temperatura no deberá superar los 5°C. Las temperaturas de almacenamiento como el tiempo serán registrados, y, las muestras se almacenarán en una cara plana sobre una superficie horizontal y no se deberá colocar una muestra sobre otra.

#### 4.1.2.5 Procedimiento de ensayo

La muestra será colocada en un ambiente de temperatura controlada y será vigilada hasta que se haya alcanzado la temperatura de ensayo, la temperatura de la muestra deberá ser determinada por sensores de superficie curva y el centro de la muestra, la diferencia de temperatura entre el exterior y el centro no deberá ser mayor a 0.4°C, con esto se garantiza que la temperatura será la correcta en el momento de realizar el ensayo. A temperaturas más altas de ensayo, algunas de las muestras pueden presentar una deformación excesiva que conduce al colapso de esta.

#### 4.1.2.6 Montaje de la prueba

Los rodillos de carga se limpiarán con un disolvente después de obtener la muestra a la temperatura especificada, estas se alinearán con uno de los diámetros verticales. El procedimiento de ajuste de los transductores y del sistema de medición, y, se la realizara de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Es importante que el bastidor de montaje se sujete de manera uniforme a la muestra. Se debe tener mucho cuidado de que no exista una sobre-tensión de las abrazaderas.

#### 4.1.2.7 Medición de rigidez y deformación

Se aplican mínimo 10 pulsos, para que el equipo se ajuste a la magnitud de la carga, y, luego se obtiene la deformación diametral horizontal especificada y el tiempo de ensayo.

#### 4.1.2.8 Cálculos del módulo de rigidez

Con las mediciones de los pulsos de carga, el módulo de rigidez esta determinado por la siguiente formula (Lagla Y., "ANALISIS DE LA CORRELACION ENTRE ESTABILIDAD Y MODULO DE RIGIDEZ PARA MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE, EMPLEANDO AGREGADOS PETREOS DE LA PROVINCIA DE IMBABURA, CANTON IBARRA", 2014).

#### Módulo de rigidez

##### Ecuación 4.1:

$$Sm = \frac{Fx (v + 0.27)}{(z * h)}$$

Donde:

Sm = Módulo de rigidez.

F = Valor máximo de la carga vertical expresado en mega pascales (Mpa).

z = Amplitud de la deformación horizontal obtenido durante el ciclo de carga, expresado en milímetros (mm).

h = espesor medio de la muestra, expresado en milímetros (mm).

$\nu =$  Relación de Poisson.

Si la relación de Poisson no se determina se asume un valor de 0.35 para todas las temperaturas. El módulo de rigidez expresado en mega pascales (Mpa), ajustado a un factor de la zona de carga de 0.60 usando la siguiente formula:

### Módulo de rigidez ajustado.

#### Ecuación 4.2:

$$S'm = Smx(1 - 0.322x (\log(Sm) - 1.812) x (0.60 - k))$$

Donde:

$S'm$  = Módulo de rigidez expresado en mega pascales (Mpa), ajustado a un factor de la zona de carga de 0.60.

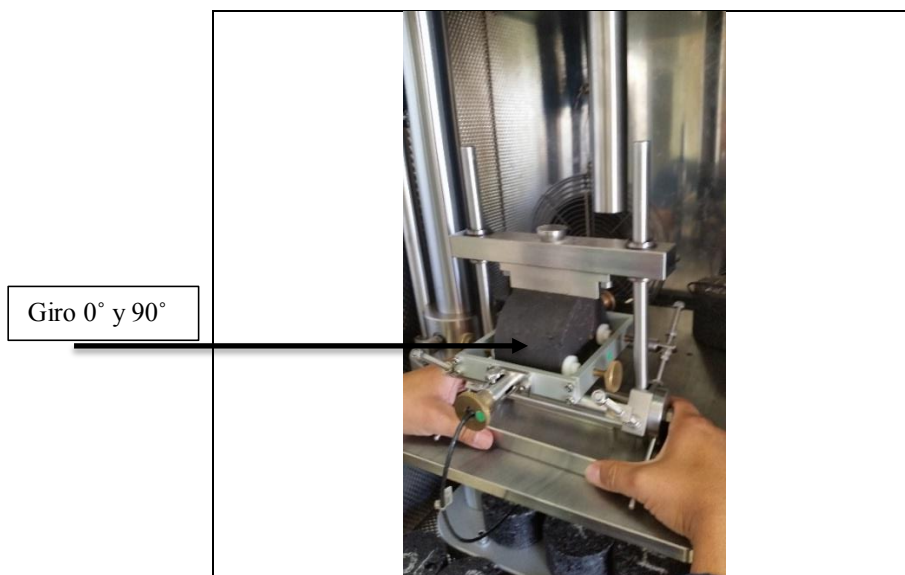
$K$  = Factor que mide la zona de carga.

$Sm$  = Módulo de rigidez expresado en mega pascales (Mpa), para un factor de carga  $k$ , expresado en grados Celsius ( $^{\circ}C$ ).

La muestra se extrae del equipo de prueba, y, se gira  $80^{\circ} \pm 10^{\circ}$  alrededor de su eje horizontal y se vuelve a repetir el ensayo.

Si el valor medio del módulo de rigidez de la segunda prueba, es decir cuando se la gira  $90^{\circ}$ , es de +10% o -20% del valor medio registrado del primer ensayo, entonces la media de las dos pruebas se calculará y se registraran como el módulo de rigidez de la muestra. Por el contrario, si la diferencia entre los dos valores es mayor que el indicado anteriormente, los resultados se rechazan.

#### Fotografía No. 4.4: Ensayo de módulo de rigidez; Laboratorio Asfaltos PUCE-Q



### 4.1.3 Descripción del ensayo para determinar el módulo de rigidez

El ensayo EN 12697-26:2004 anexo C, se basa en la normativa europea “Test de tensión indirecta en probetas cilíndricas”.

Este ensayo es un método no destructivo que determina el módulo de rigidez de los materiales asfálticos para pavimentos, mediante una deformación horizontal seleccionada.

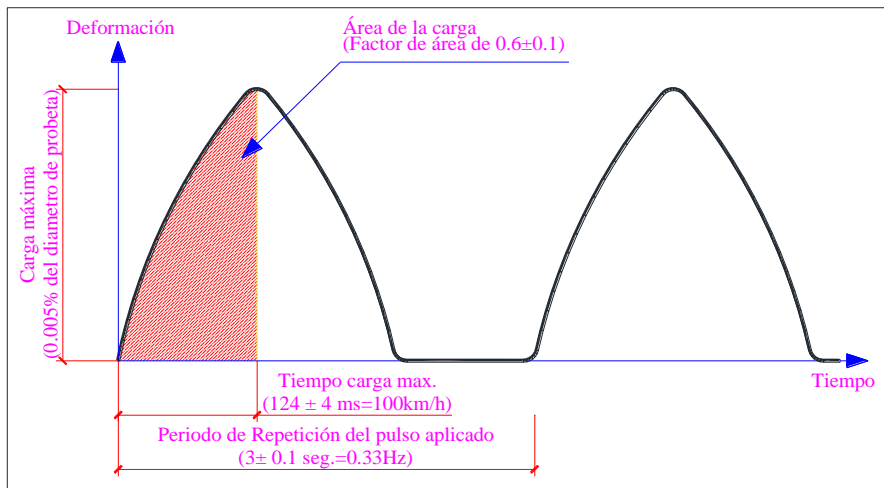
Los especímenes que se ensayan son de diámetros que van desde los 100 a 150mm, y, un espesor entre 50 a 70mm. Al momento de realizar el ensayo, la probeta cilíndrica es sometida a cargas axiales de compresión de forma ondulada (Haversine). La carga vertical se aplica en un plano diametral de la probeta cilíndrica. La máquina COOPER TECHNOLOGY (CRT-HYD25-II) genera pulsos de cargas en forma repetitiva con rangos de descanso. Estos rangos de tiempo de carga están entre 50 y 150 milisegundos a continuación presentamos un resumen de la forma del pulso de carga.

El tiempo para llegar a la carga máxima se mide desde la carga cero, hasta un máximo valor, este tiempo es de  $124 \pm 4$ ms. (milisegundos), que equivale aproximadamente a 100km/h.

La carga máxima se ajustara para tener un factor de área de la carga de  $0.6 \pm 0.1$ , valor que se recomienda para cargas rutinarias. Este factor de área de carga (Nunn and Smith, 1997) es la relación entre el área bajo la curva de carga y el tiempo de carga integrada desde que se aplica la carga hasta que se llegue a su máximo de carga.

La carga máxima se corregirá de manera de tener una deformación horizontal transiente máxima de 0.005% del diámetro de la probeta. Para este estudio se utilizaron briquetas de un diámetro del orden de 100mm, entonces la deformación corresponderá a 5 micrones. El periodo de repetición del pulso aplicado es de  $3 \pm 0.1$  segundos, equivalente a una frecuencia de 0.33Hz.

**Grafico No. 4.1:** Forma de pulso de carga y factor de área de carga



**Resultados. -**

**Tabla No. 4.2: Modulo de rigidez (Mina La Florida)**

			EN 12697-26					
NUCLEO	ASTM D3549	Diametro	Modulos Resiliente					
	Espesor del	del	Tiempo de	Deformación	Deformación horizontal %	dif. % entre modulos ajustados	Medido (Mpa)	Ajustado (Mpa)
	Especimen	Especimen	carga de	horizontal				
(mm)	(mm)	subida(ms)	( $\mu$ m)					
1	59.788	101.715	127.00	5.32	0.0066	10	1915	1957
2	59.750	102.260	130.00	3.84	0.0072	10	1868	1955
3	60.469	101.593	185.00	4.68	0.0095	10	1681	1998
4	60.805	101.720	154.00	4.81	0.0070	10	1543	1613
5	60.425	101.793	182.00	4.45	0.0062	10	1202	1210
6	61.268	101.533	102.00	2.88	0.0059	10	1702	1689

**Tabla No. 4.3: Modulo de rigidez (Mina Jambelí)**

			EN 12697-26					
NUCLEO	ASTM D3549	Diámetro	Modulos Resiliente					
	Espesor del	del	Tiempo de	Deformación	Deformación horizontal %	dif. % entre módulos ajustados	Medido (Mpa)	Ajustado (Mpa)
	Especimen	Especimen	carga de	horizontal				
(mm)	(mm)	subida(ms)	( $\mu$ m)					
1	60.715	101.453	181.00	5.59	0.0063	10	1854	1883
2	60.913	101.683	156.00	5.71	0.0061	10	1687	1692
3	59.483	101.635	99.00	4.85	0.0061	10	2166	2173
4	60.020	101.503	99.00	4.49	0.0066	10	1788	1833
5	60.470	101.340	153.00	5.61	0.0068	10	1659	1716
6	60.050	101.693	180.00	4.96	0.0072	10	1238	1298

Como se puede ver en los resultados de la diferencia de porcentajes entre módulos ajustados medidos con la briqueta en posición normal y girada a 90° cumple con la norma que indica que esta diferencia no puede ser menor en 20%, y, mayor en 10%.

También se cumple con la deformación horizontal y esta es 0.005% del diámetro del espécimen, para las briquetas tanto en la Mina La Florida, como en la Mina Jambelí.

Las especificaciones del método EN 12697-26:2004 Anexo C, Indirect tension in cylindrical specimens Test, se resumen a continuación:

**Tabla No. 4.4:** Especificaciones método EN 12697-26:2004

<b>NORMA 12697-26:2004</b>	
<b>Controla</b>	<b>Deformación</b>
Carga (25°C)	
Frecuencia (Hz) 3 ± 0.1 seg.	0.33
Tiempo de pulso de carga (Risetime) (ms) equivale a 100km/h	124 ± 4
Deformación vertical acumulada (mm)	0.005% del diámetro de la probeta
Ciclos de carga	5: acondicionamiento 5: medición
Módulo de rigidez (Mpa)	$P(u + 0.27)/D*h$
Coefficiente de Poisson para 25°C (mezclas asfálticas en caliente)	0.35
Mr corregido	$Mr(1 - 0.332 * (\log Mr) - 1.82) * (0.6 - k)$
Media de módulo de rigidez entre 1er y 2do ensayo	+10 % -20 %
Factor de área de carga	0.6 ± 0.1

**4.2 Ensayo de estabilidad y fluencia para cada tipo de mezcla asfáltica en caliente por el Método Marshall, estandarizado por la American Society Testing and Materials (ASTM) en la norma D1559**

Una vez que se realizó el ensayo de módulos de rigidez de las 6 briquetas, de la Mina La Florida y 6 briquetas de la Mina Jambelí este es un ensayo no destructivo, se espera 24 horas para realizar el ensayo Marshall que es un ensayo destructivo por aplastamiento, este se realiza a las 12 briquetas indicadas, donde arroja los siguientes resultados, a estos resultados los podemos tambien observar en el anexo 2 (Ensayos de Laboratorio).

**Resultados. -**

**Tabla No. 4.5:** Estabilidad y flujo Marshall (Mina La Florida)

<b>ASTM D6927</b>				
<b>Estabilidad (lb)</b>				
<b>Medida</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>Corregida</b>	<b>Estabilidad (N) 1lb=4.45N</b>	<b>Flujo 0.01"</b>
2650	1.14	3021	13443.5	9.00
2359	1.14	2689	11967.2	10.50
2654	1.14	3026	13463.7	10.00
2350	1.09	2562	11398.7	10.00
2550	1.14	2907	12936.2	10.40
2310	1.09	2518	11204.7	10.40
	<b>PROMEDIO</b>	2787	12402.3	20.10

**Tabla No. 4.6:** Estabilidad y flujo Marshall (Mina Jambelí)

<b>ASTM D6927</b>				
<b>Estabilidad (lb)</b>				
<b>Medida</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>Corregida</b>	<b>Estabilidad (N) 1lb=4.45N</b>	<b>Flujo 0.01"</b>
2540	1.14	2896	12885.4	10.50
2110	1.14	2405	10704.0	10.50
2120	1.14	2417	10754.8	9.50
2220	1.14	2531	11262.1	10.85
2350	1.14	2697	11921.6	10.00
2240	1.14	2554	11363.5	10.50
	<b>PROMEDIO</b>	2580	11481.9	20.62

### 4.3 Interpretación de resultados y análisis estadístico de correlación

#### 4.3.1 Análisis de correlación estabilidad vs módulo de rigidez para cada tipo de mezcla asfáltica en caliente propuesto

A continuación, se presenta el análisis de los datos, para lo cual colocamos en las siguientes unidades estabilidad Marshall en Newton y el módulo de rigidez en Mpa.

##### 4.3.1.1 Calculo estadístico del coeficiente de correlación lineal

Obtenidos los valores de Estabilidades y Módulos de Rigidez de la mezcla optima, realizaremos un cuadro en donde la variable dependiente es la estabilidad y la variable independiente es el módulo de rigidez, para lo cual calculamos el coeficiente de correlación lineal (R), para ver si existe correlación entre la estabilidad Marshall y el módulo de rigidez.

A continuación, se realizará un breve resumen de coeficiente de correlación lineal que es el coeficiente entre la covarianza y el producto de las desviaciones típicas de las variables x – y.

La fórmula del coeficiente lineal se expresa de la siguiente forma:

#### Coeficiente de correlación lineal

##### Ecuación 4.3:

$$R = \frac{\sigma_{xy}}{(\sigma_x * \sigma_y)}$$

Donde:

$\sigma_{xy}$  = Covarianza

$\sigma_x =$  Desviación típica en x  
 $\sigma_y =$  Desviación típica en y

### Desviación típica de variable x

#### Ecuación 4.4:

$$\sigma_x = \sqrt{\left[ \frac{\Sigma x^2}{(\# \text{ datos})} \right] - \bar{x}^2}$$

Donde:

$\Sigma x^2 =$  Sumatoria de variable  $x^2$   
 $\# \text{ datos} =$  Numero de datos  
 $\bar{x} =$  Media variable x

### Desviación típica de variable y

#### Ecuación 4.5:

$$\sigma_y = \sqrt{\left[ \frac{\Sigma y^2}{(\# \text{ datos})} \right] - \bar{y}^2}$$

Donde:

$\Sigma y^2 =$  Sumatoria de variable  $\bar{y}^2$   
 $\# \text{ datos} =$  Numero de datos  
 $\bar{y} =$  Media variable  $\bar{y}$

### Media de la variable x

#### Ecuación 4.6:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{\# \text{ datos}}$$

Donde:

$\Sigma x =$  Sumatoria de variable x  
 $\# \text{ datos} =$  Número de datos

## Media de la variable y

### Ecuación 4.7:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{\# \text{ datos}}$$

Donde:

$\sum y =$  Sumatoria de variable y  
 $\# \text{ datos} =$  Número de datos

## Covarianza de las variables típica x – y

### Ecuación 4.8:

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum xy}{\# \text{ datos}}$$

Donde:

$\sum xy =$  Sumatoria de variable x – y  
 $\# \text{ datos} =$  Número de datos

El signo del coeficiente de correlación es el mismo que el de la covarianza

- Si la covarianza es positiva, la correlación es directa.
- Si la covarianza es negativa, la correlación es inversa.
- Si la covarianza es nula, no existe correlación.

El coeficiente de correlación lineal es un número real comprendido entre -1 y 1

$$-1 \leq R \leq 1$$

- Si el coeficiente de correlación lineal toma valores cercanos a -1, la correlación es fuerte e inversa, y, será tanto más fuerte cuanto más se aproxime R a -1.
- Si el coeficiente de correlación lineal toma valores cercanos a 1 la correlación es fuerte y directa, y, será tanto más fuerte cuanto más se aproxime R a 1.
- Si el coeficiente de correlación lineal toma valores cercanos a 0, la correlación es débil.
- Si R = 1 o -1, los puntos de la nube están sobre la recta creciente o decreciente entre ambas variables hay dependencia funcional.

## Resultados. -

Una vez que se han realizado los cálculos para obtener el coeficiente de correlación lineal (R) de la mina La Florida obtenemos que R = 0.2032, esto significa que tenemos una correlación débil y directa.

Para la Mina Jambelí se obtiene una correlación lineal  $R = 0.0472$ , lo que no indica que el valor es cercano a 0, la correlación es débil.

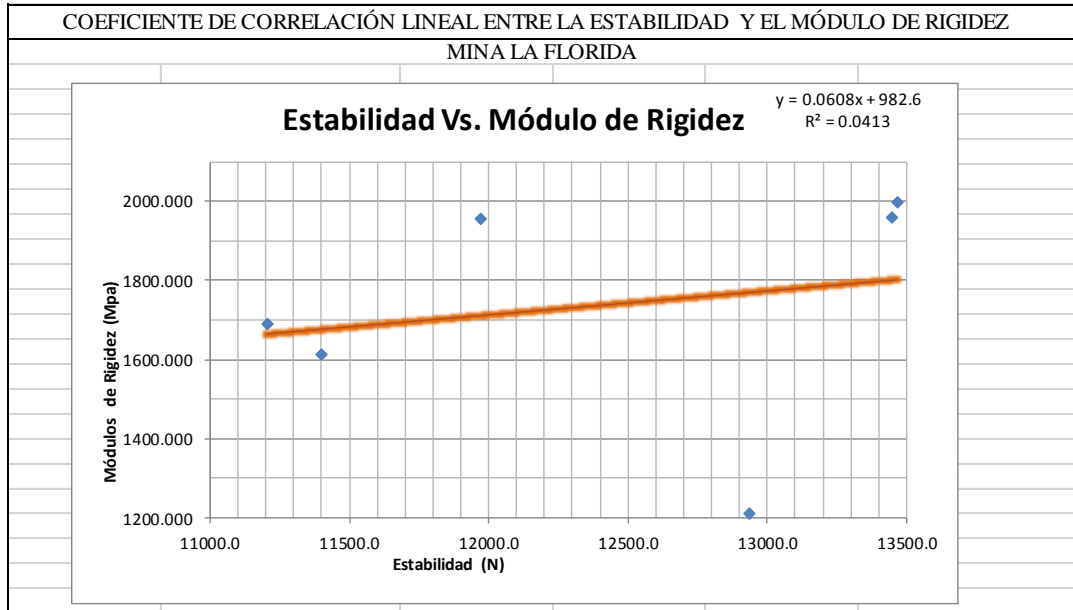
Como conclusión podemos indicar que si existe correlación entre la estabilidad obtenida con el METODO MARSHALL y los MODULOS DE RIGIDEZ.

A continuación, detallamos los cálculos obtenidos y las gráficas de las ecuaciones de la línea de tendencia de las variables X (Estabilidad), y, las variables Y (Modulo de Rigidez) de las mezclas asfálticas fabricadas con los agregados de la Mina La Florida y la mina Jambelí

**Tabla No. 4.7:** Calculo del coeficiente de correlación lineal (R) (Mina La Florida)

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN LINEAL ENTRE LA ESTABILIDAD Y EL MÓDULO DE RIGIDEZ					
MINA LA FLORIDA					
HORIZONTAL	VERTICAL				
X	Y				
Estabilidad	Módulos				
(N)	(Mpa)				
13443.5	1,957.000				
11967.2	1,955.000				
13463.7	1,998.000				
11398.7	1,613.000				
12936.2	1,210.000				
11204.7	1,689.000				
valores	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	xy
1	13443.5	1957.000	180726348	3829849	26308831.65
2	11967.2	1955.000	143214043	3822025	23395889.69
3	13463.7	1998.000	181272349	3992004	26900556.52
4	11398.7	1613.000	129929792	2601769	18386062.78
5	12936.2	1210.000	167343977	1464100	15652741.50
6	11204.7	1689.000	125544294	2852721	18924662.30
SUMA	74413.9	10422.0	928030802.2	18562468	129568744.4
# DATOS	6				
$\bar{x}$	$=\sum x/\#datos$	12402.3132			
$\bar{y}$	$=\sum y/\#datos$	1737.0000			
$\sigma_{xy}$	$=\sum xy/\#datos$	51972.7663			
$\sigma_X$	$\sqrt{((\sum x)^2/(\#Datos)) - \bar{x}^2}$	924.3530			
$\sigma_Y$	$\sqrt{((\sum y)^2/(\#Datos)) - \bar{y}^2}$	276.7231			
<b>R</b>	$\sigma_{xy}/(\sigma_X \cdot \sigma_Y)$	0.2032	CORRELACION DEBIL Y DIRECTA		
<b>R<sup>2</sup></b>		0.0413			

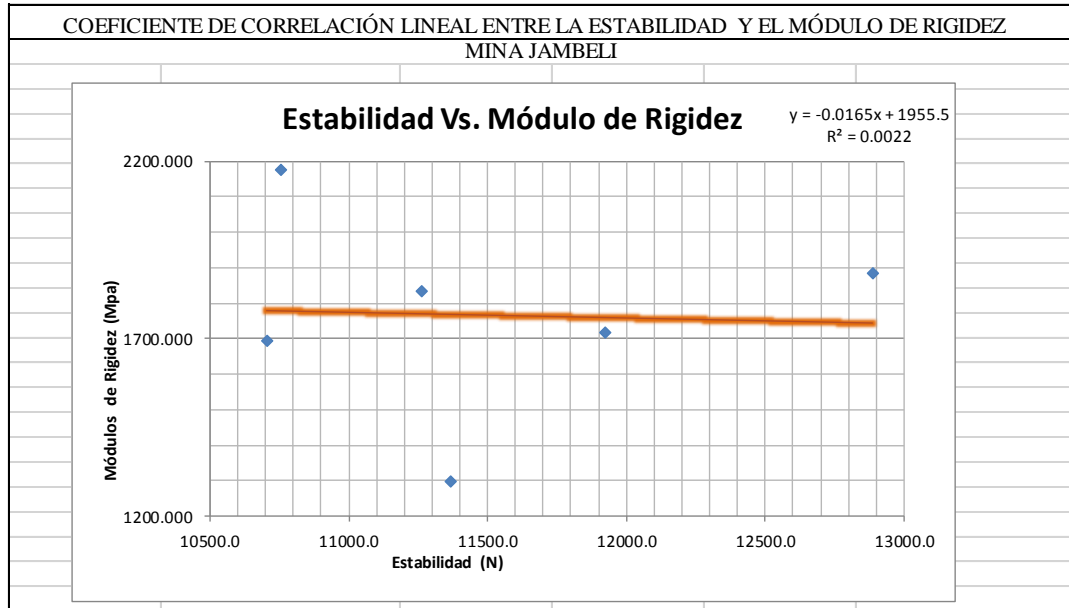
**Grafico No. 4.2:** Calculo del coeficiente de correlación lineal (R) (Mina La Florida)



**Tabla No. 4.8:** Calculo del coeficiente de correlación lineal (R) (Mina Jambeli)

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN LINEAL ENTRE LA ESTABILIDAD Y EL MÓDULO DE RIGIDEZ					
MINA JAMBELI					
HORIZONTAL X	VERTICAL Y				
Estabilidad (N)	Módulos (Mpa)				
12885.4	1,883.000				
10704.0	1,692.000				
10754.8	2,173.000				
11262.1	1,833.000				
11921.6	1,716.000				
11363.5	1,298.000				
valores	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	xy
1	12885.4	1883.000	166034049	3545689	24263245.86
2	10704.0	1692.000	114576258	2862864	18111218.76
3	10754.8	2173.000	115664863	4721929	23370093.48
4	11262.1	1833.000	126833995	3359889	20643355.98
5	11921.6	1716.000	142123354	2944656	20457379.80
6	11363.5	1298.000	129129587	1684804	14749848.96
SUMA	68891.3	10595.0	794362106.1	19119831	121595142.8
# DATOS	6				
$\bar{x}$	$= \Sigma x / \# \text{datos}$	11481.8900			
$\bar{y}$	$= \Sigma y / \# \text{datos}$	1765.8333			
$\sigma_{xy}$	$= \Sigma xy / \# \text{datos}$	-9246.9517			
$\sigma_X$	$\sqrt{((\Sigma x^2) / (\# \text{Datos})) - \bar{x}^2}$	748.2556			
$\sigma_Y$	$\sqrt{((\Sigma y^2) / (\# \text{Datos})) - \bar{y}^2}$	261.6699			
<b>R</b>	$\sigma_{xy} / (\sigma_X * \sigma_Y)$	-0.0472	CORRELACION DEBIL		
<b>R<sup>2</sup></b>		0.0022			

**Grafico No. 4.3:** Calculo del coeficiente de correlación lineal (R) (Mina Jambelí)



#### 4.3.1.2 Ajuste del módulo de rigidez (Y') con la ecuación de la línea de tendencia

También se realizó el ajuste con la ecuación lineal de tendencia en donde variaron los datos del Módulo de Rigidez, que se encontraban dispersos a continuación una breve descripción.

#### Tendencia de las variables x – y

#### Ecuación 4.9:

$$Y' = A(X) + m$$

Donde:

A = Pendiente de una línea de regresión lineal creada con los datos de los argumentos conocidos x, y conocido y.

M = Punto en el que una línea intersecara el eje y, utilizando los valores X – Y existentes.

X = Variable de las abscisas (estabilidad en Newton).

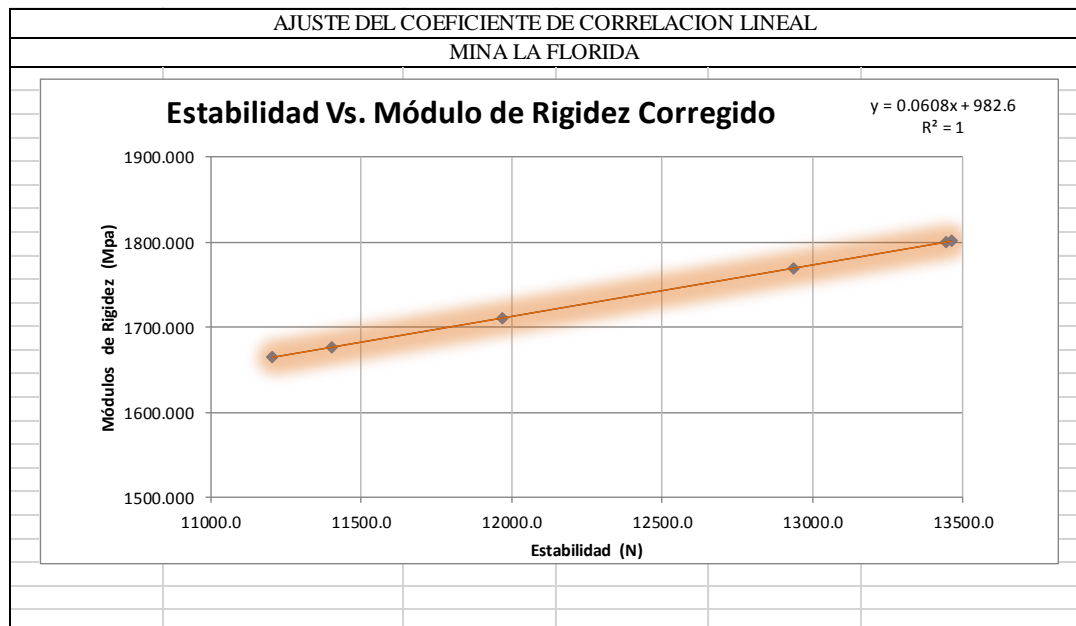
Y = Variable de las ordenadas (Módulos de Rigidez en Megapascuales).

Y' = Módulos de Rigidez Ajustado con formula de tendencia (Mpa).

**Tabla No. 4.9:** Ajuste del coeficiente de correlación lineal (R) (Mina La Florida)

AJUSTE DEL COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL				
MINA LA FLORIDA				
0.061	A	0.0608		
982.598	m	982.598		
X	Y	Y'		
		$y=A * x+m$		
<b>Estabilidad</b>	<b>Módulos</b>	<b>Módulos corregidos</b>		<b>Y'=A (X)+m</b>
(N)	(Mpa)	(Mpa)		
13443.5	1,957.000	1800.330		
11967.2	1,955.000	1710.534		
13463.7	1,998.000	1801.564		
11398.7	1,613.000	1675.951		
12936.2	1,210.000	1769.472		
11204.7	1,689.000	1664.149		

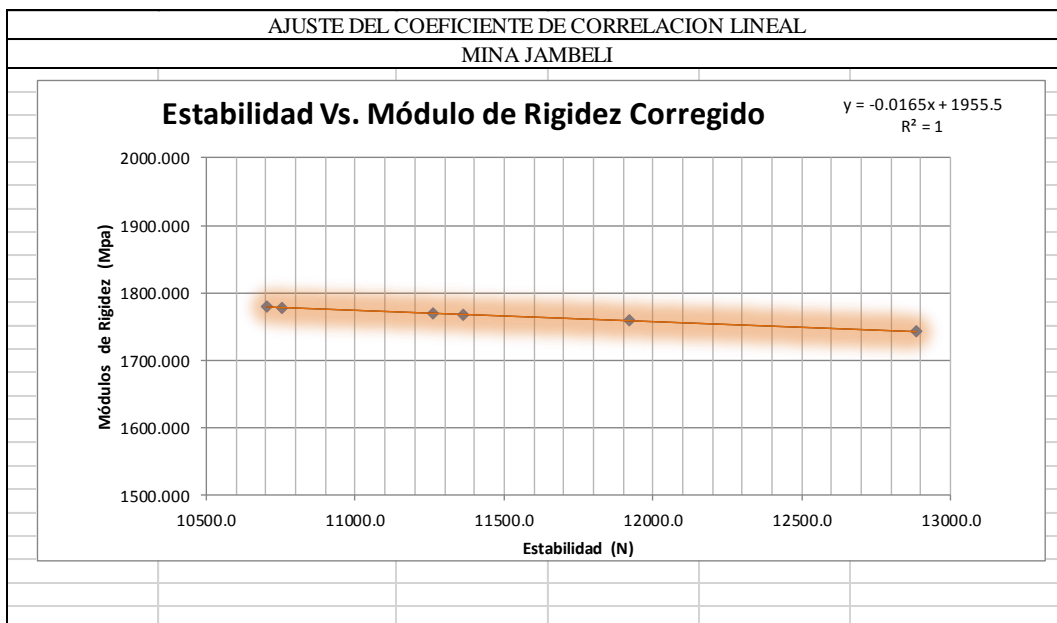
**Grafico No. 4.4:** Calculo del coeficiente de correlación lineal (R) (Mina La Florida)



**Tabla No. 4.10:** Ajuste del coeficiente de correlación lineal (R) (Mina Jambelí)

AJUSTE DEL COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL			
MINA JAMBELI			
-0.017	<b>A</b>	-0.0165	
1955.466	<b>m</b>	1955.466	
X	Y	Y'	
		$y=A * x+m$	
<b>Estabilidad (N)</b>	<b>Módulos (Mpa)</b>	<b>Módulos corregidos (Mpa)</b>	<b>Y'=A (X)+m</b>
12885.4	1,883.000	1742.653	
10704.0	1,692.000	1778.680	
10754.8	2,173.000	1777.842	
11262.1	1,833.000	1769.464	
11921.6	1,716.000	1758.572	
11363.5	1,298.000	1767.788	

**Gráfico No. 4.5** Calculo del coeficiente de correlación lineal (R) (Mina Jambelí)



## CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Para este trabajo hemos tomado muestras del material pétreo de las fuentes de materiales, en este caso del Rio Aguarico, que en la actualidad provee de la materia prima y que sirve para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente; y, en donde a los agregados se los obtiene a través del sistema de trituración, como es el caso de la **Mina La Florida** y **Mina Jambelí**.
- Al realizar la caracterización de los agregados (finos y gruesos) y del ligante asfáltico, se determinó que los agregados seleccionados de la Mina La Florida y Mina Jambelí, cumplen con las Especificaciones del MOP-001-F 2002, en lo que se refiere al: desgaste, partículas fracturadas, equivalente de arena, partículas livianas.
- La granulometría de los agregados de la **Mina La Florida** y **Mina Jambelí**, para realizar los batches de agregado, cumplen con los parámetros indicados en la Tabla 405-5.1 de las especificaciones del MTOP.
- Se seleccionó y se combinó los agregados finos y gruesos de cada una de las fuentes de materiales seleccionadas, de acuerdo a la faja de límites máximos y mínimos establecidos en la Tabla 405-5.1 de estas especificaciones (MOP, 2002: VII-378), agregados de tamaño 3/4", 1/2", 3/8" y No. 4 (Acosta V., 2014).
- Para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente, hemos realizado tres (3) combinaciones de agregados con los materiales de las minas seleccionadas (La Florida, Jambelí), de esto obtuvimos el contenido OPTIMO DE ASFALTO, así también la estabilidad, el flujo y las propiedades volumétricas para cada una de las mezclas, si analizamos los resultados de las propiedades volumétricas, estas no se encuentran dentro de los rangos detallados en las Especificaciones del MOP-001-F 200, resultados que nos van a servir para mejorar los componentes de las mezclas asfálticas como son el porcentaje de filler en la mezcla de los áridos, para obtener de esta manera mezclas con una adecuada dosificación, ya que al lograr esto obtendremos un mayor tiempo de vida útil a la fatiga y de igual manera la reducción del ahuellamiento (Palma, 2010).
- De acuerdo al porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica de la Mina La Florida nos arrojó un resultado de 3.36 % de vacíos, esto quiere decir que estamos dentro de los parámetros dados por el MTOP, y, obtenemos una mezcla óptima para este caso, el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica con agregados de la Mina Jambelí nos da como resultado 2.37 %, que de igual manera como en el caso anterior estamos dentro de los parámetros sugeridos por el MTOP (Uchuari M., 2016).

- Los porcentajes de vacíos en las mezclas con los agregados de la Mina La Florida y la Mina Jambelí, arrojan valores que están dentro de los parámetros del MTOP que están dentro del rango de 3 % a 5 %, con excepción de la Mina Jambelí, que está en 2.37 % de vacíos, lo que podemos concluir que la resistencia a la fatiga del pavimento es la adecuada.
- La vida útil de un pavimento está en función del contenido de vacíos, por lo tanto, con los valores obtenidos en la Mina La Florida y Mina Jambelí podemos concluir que la vida útil del pavimento está dentro de los parámetros y normas dadas por el MTOP.
- De acuerdo a las Especificaciones del MTOP; Tabla 405.5.5 el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM), determina el tipo de mezcla, así ara la Mina La Florida tenemos un VAM de 14.7 %, lo que equivale a un tipo de mezcla C y D, en la Mina Jambelí tenemos un VAM de 12.3 %, lo que equivale a un tipo de mezcla E.
- Si se analiza los resultados obtenidos de estabilidad y módulo de rigidez con mezclas asfálticas, una misma proporción de agregados y porcentaje óptimo de asfalto, que hemos obtenido en el ensayo de módulo de rigidez es sensible para determinar variaciones en la resistencia de las mezclas asfálticas, cuando hay variación en las proporciones de los materiales por mínimas que estas sean.
- Dentro de los resultados obtenidos en la estabilidad y módulo de rigidez, podemos observar que las mezclas obtenidas en la Mina La Florida son más altas, que las obtenidas en la Mina Jambelí.
- Hemos determinado que existe correlación entre estabilidad y módulo de rigidez para las mezclas propuestas, y, la fórmula de correlación obtenida que se ha empleado para cada diseño de mezcla asfáltica, especialmente en el contenido óptimo de asfalto, mezcla de agregados pétreos, tamaño y características de los mismos son diferentes y no se asume una ecuación general en función de la estabilidad.
- Por lo anteriormente dicho, se determinó el valor, grado y tipo de correlación entre estabilidad, y, módulo de rigidez para las mezclas asfálticas con agregados pétreos de las minas seleccionadas (La Florida, Jambelí), se las muestra a continuación.

**Tabla No. 5.1:** Resultados de correlación para las mezclas asfálticas en caliente propuestas

<b>FUENTE DE MATERIAL</b>	<b>VALOR DE CORRELACION</b>	<b>INTERPRETACION RESULTADO</b>
Mina La Florida	0.2032	CORRELACION DEBIL Y DIRECTA
Mina Jambelí	-0.0472	CORRELACION DEBIL

- Al comprobar que existe correlación entre estabilidad y módulo de rigidez, se destaca que a partir de la propuesta de determinar las propiedades fundamentales de las mezclas se puede sustituir gradualmente los parámetros empíricos y conseguir evaluar a la mezcla asfáltica en caliente según su comportamiento mediante la obtención del módulo de rigidez (Acosta V., “ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE ESTABILIDAD Y MÓDULO DE RIGIDEZ PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, EMPLEANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO” , 2014).
- La deformación horizontal en los ensayos de módulos de rigidez de las briquetas elaboradas con agregados de la **Mina La Florida** estuvieron en el rango de 2.50  $\mu\text{m}$  a 5.50  $\mu\text{m}$ , por lo que esta cumple con la deformación horizontal acumulada.

La deformación horizontal en los ensayos de módulos de rigidez de las briquetas elaboradas con agregados de la **Mina Jambelí** estuvieron en el rango de 4.40  $\mu\text{m}$  a 5.65  $\mu\text{m}$ , por lo que esta cumple con la deformación horizontal acumulada.

Igualmente, estos cumplen con las especificaciones EN 12697+26, donde se especifica que la deformación horizontal acumulada, será de 0.005 % del diámetro de la biqueta.

## 5.2. Recomendaciones

- Primeramente, podemos indicar, que para que la mezcla de la Mina Jambelí cumpla con las especificaciones del MTOP, en cuanto a la relación Filler / Betún, es necesario verificar que el Filler este dentro de los parámetros indicados por el MTOP, ya que los porcentajes de vacíos no llegan al mínimo indicado.
- Es necesario que la mezcla tenga una cantidad determinada de vacíos, para permitir que esta se compacte durante la operación de los vehículos, y, de esta manera proporcionar espacios por donde el asfalto pueda fluir.
- Se recomienda que una mezcla asfáltica contenga un porcentaje de vacíos, por cuanto a mayor porcentaje de vacíos, mayor será la entrada de agua y aire, lo cual deterioro la mezcla, en cambio a menor cantidad de vacíos esta será menos permeable, y, por consiguiente, puede producir exudación, es recomendable que esta sea menor de 8 %.
- Es recomendable utilizar el equipo COOPER TECHNOLOGY (CRT-HYD25-II), este permite evaluar las propiedades mecánicas de los materiales asfálticos, para la elaboración de pavimentos, y, de esta manera poder utilizar nuevos diseños de mezcla a través de la caracterización del material, la valoración de pavimentos en servicio y el control de calidad.

- Al obtener el valor del módulo de rigidez, ya sea con probetas elaboradas en el laboratorio o testigos tomados en vías durante su etapa de construcción, para lo cual nos apoyamos en valores reales de la carpeta asfáltica para el diseño estructural de pavimentos, por ser considerado como un sistema multicapa elástico lineal.
- Es importante hacer un análisis de correlación entre estabilidad y módulo de rigidez de mezclas asfálticas en caliente que actualmente produce la Planta Asfáltica del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Sucumbíos, y, en base a estos resultados diseñar carpetas asfálticas nuevas y de refuerzo que garanticen que esta tenga mayor tiempo de vida útil, para de esta manera verificar que las deformaciones que se produzcan en condiciones de servicio frente a aplicaciones de carga.
- El método (EN 12697-26) es recomendable para poder determinar el Modulo de Rigidez en Laboratorio, pues este representa de mejor manera el Modulo de Young.
- Se recomienda realizar los ensayos de:
  1. Método de Prueba Estándar (TSR) para efecto de la humedad en Mezclas Asfálticas de Pavimentación. Este método de ensayo cubre los procedimientos para la preparación y el análisis de muestras de hormigón de asfalto para el propósito de medir el efecto del agua en la resistencia a la tracción de la mezcla de pavimentación. El método de ensayo es aplicable a la densa mezcla tales como los que aparecen en la Tabla de Composición de Asfalto y Pavimentación en Mezclas en la Especificación **D3515**.
  2. Determinación de Módulo Dinámico Mezcla Asfáltica en Caliente (HMA), AASHTO TP 62-07.
    - 2.1. Este método de ensayo cubre los procedimientos para preparar y ensayar Mezcla asfáltica en caliente (HMA) para determinar el módulo dinámico y el ángulo de fase en un intervalo de temperaturas y frecuencias de carga.
    - 2.2. Esta norma es aplicable a muestras de laboratorio-preparada con mezclas de agregado de tamaño máximo nominal de menos o igual a 37,5 mm (1.48mm).
    - 2.3. Esta norma puede involucrar materiales peligrosos, operaciones y equipos. Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de este procedimiento para establecer las prácticas de seguridad, salud y determinar la

aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso

Que a pesar que no fueron objeto de nuestra investigación son importantes, por cuanto los resultados obtenidos mejoraran las condiciones de las mezclas asfálticas.

## BIBLIOGRAFIA

- Reyes, Fredy, *Diseño Racional de Pavimentos*. Colombia, Editorial Escuela Colombiana de Ingenieros, 2004.
- Montejo, Alfonso, *Ingeniería de Pavimentos*. Colombia, Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones, segunda edición, 2002.
- Acosta, Adriana, *Análisis de la Correlación entre Estabilidad y Modulo de Rigidez de mezclas asfálticas en caliente, empleando agregados pétreos del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito, Tesis previo la obtención del Título de Master en Ingeniería Vial, 2014.
- Lagla Yáñez, Marcelo Ing., *Análisis de la Correlación entre Estabilidad y Modulo de Rigidez de mezclas asfálticas en caliente, empleando agregados pétreos de la Provincia de Imbabura, Cantón Ibarra*, Quito, Tesis previo la obtención del Título de Master en Ingeniería Vial, 2014.
- Romero, Francisco, *Comparación del Módulo de Elasticidad en Mezclas Asfálticas*. Santiago de Chile, Memoria previo la obtención del Título de Ingeniero Civil, 2008.
- Dávila, Juan, *Análisis comparativo de Modulo Resiliente y ensayos de deformación permanente en Mezclas Asfálticas del Tipo (MDC2) en Briquetas compactadas con martillo Marshall y compactador giratorio*. Bogotá D.C., Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería Civil, 2005.
- Morales Sosa, Hugo, *Ingeniería Vial I*. Santo Domingo, 2006
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOPE), *Volumen Nro. 2 – LIBRO A, Norma para Estudios y Diseños Viales – Norma Ecuatoriana Vial – NEVI—12-MTOPE*, Quito, 2013.
- *Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en Caliente*, Asphalt Institute, Lexington, E.U.A
- *Antecedentes del Diseño y Análisis de Mezclas de SUPERPAVE*. Asphalt, Institute, Lexington, E.U.A
- Cáceres, Carlos, *Análisis de la Metodología SUPERPAVE, para el Diseño de Mezclas en México*, Puebla, Universidad de las Américas Puebla, 2007
- Palma, Gonzalo, *Estudio del comportamiento del módulo de rigidez en mezclas asfálticas, determinado mediante ensayos de laboratorio y obtenidos con instrumentación de terreno*, Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, 2001.

- Ministerio de Obras Públicas del Ecuador, *Inventario Nacional de Fuente de Materiales de Construcción*, Ecuador, Departamento de Geotecnia, MOP, 1986.
- Padilla Rodríguez, Alejandro, *Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante ensayo de pista, Capítulo III – Mezclas Asfálticas*, Universidad Politécnica de Catalunya, Tesina, 2004.
- [www.ecuadorencifras.go.ec/transporte](http://www.ecuadorencifras.go.ec/transporte), Anuario de Estadísticas de Transporte 2014
- <https://www.youtube.com/watch?v=YZ5n7rmvznM> (Ensayo Marshall, explicación en video).
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Laboratorio de Materiales de Construcción, Sub-Comité de Materiales de Pavimentación, Norma ASTM D6927 – 06, 2013-05-31.
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Laboratorio de Materiales de Construcción, Sub-Comité de Materiales de Pavimentación, Norma ASTM D92 – 12b, 2013-09-17.
- ASTM INTERNATIONAL, Designation: D3625/D3625M – 12, Standard Practice for Effect of Water on Bituminous-Coated Aggregate Using Boiling Water<sup>1</sup>.
- ASTM INTERNATIONAL, Designation: D36/D36M – 12, Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus).
- ASTM INTERNATIONAL, Designation: D70 - 09<sup>e1</sup>, Standard Test Method for Density of Semi-Solid Bituminous Materials (Pycnometer Method).
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), NTE INEN 2515, Enmienda 1, 2014-05-20, Productos Derivados del Petróleo. Cemento Asfáltico (Clasificación por Viscosidad) Requisitos.
- Angelone, Silvia Mter. Ing.; Martínez, Fernando Mter. Ing.; Santamaría, Enrique Tco.; Gavilan, Emiliano Tco.; Cauhape Casaux, Marina alumna, *DEFORMACION PERMANENTE DE MEZCLAS ASFALTICAS*, agosto 2006.
- Ávila M., Gonzalo, [https://prezi.com/2vewb3giaixz/disenode -mezclas-metodo-marshall/](https://prezi.com/2vewb3giaixz/disenode-mezclas-metodo-marshall/); 28-abril-2014.

- ASTM, INTERNATIONAL; Standard Test Method For Density of Semi-Solid Bituminous Materials (Pycnometer Method); julio-2009; Pontificia Universidad Catolica del Ecuador; Quito.
- Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Hot-Mix Asphalt Paving Mixtures; WSDOF FOP for AASHTO T 2091; enero-2013.

# **ANEXOS**

## **ANEXO I**

### **FACTORES DE CORRELACION PARA CALCULAR LA ESTABILIDAD CORREGIDA**

FACTOR DE CORRECCION	VOLUMEN DE LAS BRIQUETAS EN C.C.															ESPEJOR BRIQUETAS CORREGIDA	
<b>1.92</b>	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367			4.44
<b>1.79</b>	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379					4.60
<b>1.67</b>	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392				4.76
<b>1.56</b>	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405				4.92
<b>1.47</b>	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420		5.80
<b>1.39</b>	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431						5.24
<b>1.25</b>	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456				5.56
<b>1.19</b>	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470			5.72
<b>1.14</b>	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482					5.87
<b>1.09</b>	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495				6.03
<b>1.04</b>	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508				6.19
<b>1.00</b>	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522			6.35
<b>0.93</b>	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546						6.67
<b>0.89</b>	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559				6.83
<b>0.86</b>	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573			6.99
<b>0.83</b>	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585					7.14
<b>0.81</b>	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598				7.30
<b>0.78</b>	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610					7.46

## **ANEXO II**

### **CARACTERIZACION AGREGADOS “MINA LA FLORIDA”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**AREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**GRANULOMETRÍA POR MALLAS (AGREGADO GRUESO)**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados pétreos para la Provincia de Sucumbios  
**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**LOCALIZACION:** Quito  
**FISCALIZACION:** .....

**MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONTRATISTA:** .....

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 136  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016  
**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**RECEPCION N°:** 3487 M  
**HOJA:** 1 de 43

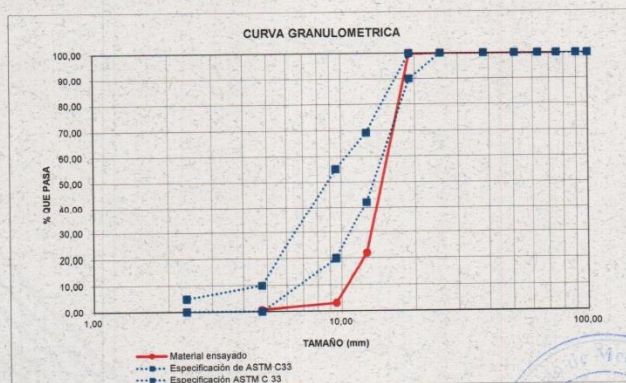
**CANTERA:** Florida

**LOCALIZACIÓN:** .....

**DESCRIPCIÓN:** Florida 3/4"

**TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO:** 3/4 plg  
**TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO:** 1 plg

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
4"	100,00	0	0	0,00	100,00
3 1/2"	90,00	0	0	0,00	100,00
3"	75,00	0	0	0,00	100,00
2 1/2"	63,00	0	0	0,00	100,00
2"	50,80	0	0	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0	0	0,00	100,00
1"	25,40	0	0	0,00	100,00
3/4"	19,00	98	98	0,25	99,75
1/2"	12,70	30260	30358	78,27	21,73
3/8"	9,51	7250	37608	96,97	3,03
No.4	4,76	975	38583	99,48	0,52
Pasa N° 4		202	202		
SUMA		38785	38785		



**OBSERVACIONES:**  
 NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

*[Signature]*  
 Ing. Mari Ines Calvo  
 Responsable de Área

*[Signature]*  
 Ing. Guillermo Rueda M.Sc.  
 Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**GRANULOMETRÍA POR MALLAS (AGREGADO FINO)**

**TESIS:** Análisis de la Correlación entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados pétreos para la Provincia de Sucumbios  
**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**LOCALIZACIÓN:** Quito  
**FISCALIZACIÓN:** .....

**MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**CONTRATISTA:** .....

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 136  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016  
**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**RECEPCIÓN N°:** 3487 M  
**HOJA:** 2 de 43

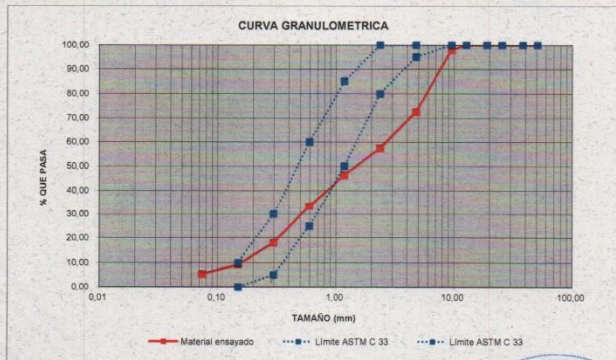
**CANTERA:** Floride

**LOCALIZACIÓN:** .....

**DESCRIPCIÓN:** Florida 3/8" 3.66

**MÓDULO DE FINURA:** 3.66

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
2"	50.80	0	0	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0	0	0.00	100.00
1"	25.40	0	0	0.00	100.00
3/4"	19.00	0	0	0.00	100.00
1/2"	12.70	0	0	0.00	100.00
3/8"	9.51	30	30	2.15	97.85
No.4	4.75	348	377	27.50	72.50
No.8	2.36	209	586	42.71	57.29
No.16	1.18	153	739	53.82	46.18
No.30	0.60	177	916	66.73	33.27
No.50	0.30	213	1129	82.25	17.75
No.100	0.15	118	1247	90.86	9.14
No.200	0.07	54	1301	94.81	5.19
Pasa No. 200		71	71		
SUMA		1373	1373		



**OBSERVACIONES:**  
 NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

*[Signature]*  
 Ing. María Inés Calvo  
 Responsable de Área

*[Signature]*  
 Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO GRUESO**

**PROYECTO:** Tesis de Maestría en Ingeniería vial  
**LOCALIZACIÓN:** Quito  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**NORMA ENSAYO:** ASTM C 127

**SOLICITADO POR:** Ing. Roberto Uchuari  
**FISCALIZACIÓN:** ....  
**CONTRATISTA:** ....  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 27/06/2016  
**FECHA DE EMISIÓN:** 28/06/2016

**RECEPCION N°:** 3587 M  
**HOJA:** 2 de 3  
**CANTERA:** Mina La Florida  
**LOCALIZACIÓN:** Sucumbios  
**DESCRIPCIÓN:** agregado 3/4"

$Gravedad\ específica\ seca = A / (B - C)$

$Gravedad\ específica\ saturada\ con\ superficie\ seca = B / (B - C)$

$Gravedad\ específica\ aparente = A / (A - C)$

MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	4277.00	gr
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B =	4320.00	gr
MASA APARENTE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	C =	2671.00	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	Ge =	2,59	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges =	2,62	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea =	2,66	
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab =	1,01	%

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Tolgo Luis Tapia  
 Responsable de Ensayos

Ing. Maria Inés Calvo  
 Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

ÁREA DE HORMIGONES  
INFORME DE ENSAYO

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO GRUESO

PROYECTO: Tesis de Maestría en Ingeniería vial  
LOCALIZACIÓN: Quito  
MUESTRA: Tomada por el cliente  
NORMA ENSAYO: ASTM C 127

SOLICITADO POR: Ing. Roberto Uchuari

FISCALIZACIÓN: ....

CONTRATISTA: ....

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 27/06/2016

FECHA DE EMISIÓN: 28/06/2016

RECEPCIÓN N°: 3587 M  
HOJA: 3 de 3  
CANTERA: Mina La Florida  
LOCALIZACIÓN: Sucumbios  
DESCRIPCIÓN: agregado 3/8" retiene N°4

Gravedad específica seca =  $A / (B - C)$


Gravedad específica saturada con superficie seca =  $B / (B - C)$

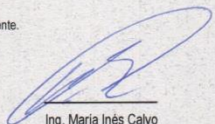
Gravedad específica aparente =  $A / (A - C)$

MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	2209,00	gr
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B =	2237,00	gr
MASA APARENTE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	C =	1341,00	gr
GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA	Ge =	2,47	
GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges =	2,50	
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	Gea =	2,54	
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	Ab =	1,27	%

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Tcgo. Luis Tapia  
Responsable de Ensayos

  
Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





# Pontificia Universidad Católica del Ecuador

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

AREA DE HORMIGONES

INFORME DE ENSAYO

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO FINO  
PROCEDIMIENTO GRAVIMÉTRICO

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

PROYECTO: Tesis de Maestría en Ingeniería vial  
LOCALIZACION: Quito  
MUESTRA: Tomada por el cliente  
NORMA ENSAYO: ASTM C 128  
  
RECEPCION N°: 3587 M  
HOJA: 1 de 3  
CANTERA: Mina La Florida  
LOCALIZACIÓN: Sucumbios  
DESCRIPCIÓN: agregado 3/8" pasante N°4

SOLICITADO POR: Ing. Roberto Uchuari  
FISCALIZACION: ....  
CONTRATISTA: ....  
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 27/06/2016  
FECHA DE EMISIÓN: 28/06/2016

$$\text{Gravedad específica seca} = A / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad específica saturada con superficie seca} = S / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = A / (B + A - C)$$

MASA DEL MATRAZ	Mm =	160,50	gr
MASA DEL MATRAZ + AGUA	B =	659,00	gr
MASA CONJUNTO MATRAZ, AGUA Y MUESTRA	C =	970,00	gr
MASA DE MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	S =	500,40	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	490,60	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	Ge =	2,59	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges =	2,64	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea =	2,73	
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab =	2,00	%

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Tolgo Luis Tapia  
Responsable de Ensayos

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

AREA DE HORMIGONES  
INFORME DE ENSAYO  
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO FINO  
PROCEDIMIENTO GRAVIMÉTRICO

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados pétreos para la Provincia de Sucumbios  
LOCALIZACION: Quito  
MUESTRA: Tomada por el cliente  
NORMA ENSAYO: ASTM C 128  
RECEPCION N°: 3487 M  
HOJA: 6 de 43  
CANTERA: Florida  
LOCALIZACIÓN: Km 8 vía Quito  
DESCRIPCIÓN: Florida 3/8"

SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuari  
FISCALIZACION: .....  
CONTRATISTA: .....  
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/03/2016  
FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

$$\text{Gravedad específica seca} = A / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad específica saturada con superficie seca} = S / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = A / (B + A - C)$$

MASA DEL MATRAZ	Mm =	158.00	gr
MASA DEL MATRAZ + AGUA	B =	659.00	gr
MASA CONJUNTO MATRAZ, AGUA Y MUESTRA	C =	969.60	gr
MASA DE MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	S =	503.90	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	492.70	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	Ge =	2.55	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges =	2.61	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea =	2.71	
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab =	2.27	%

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ABRASIÓN E IMPÁCTO POR LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios

**LOCALIZACION:** Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 131

**RECEPCION N°:** 3487 M

**HOJA:** 25 de 43

**CANTERA:** Jambeli

**LOCALIZACIÓN:** Km. 23 via Quito

**DESCRIPCIÓN:** Jambeli 34\*

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuarí

**FISCALIZACION:** .....

**CONTRATISTA:** .....

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**Porcentaje de desgaste = ( C / A ) \* 100**

**Masa que pasa el tamiz No. 12 = ( A - B )**

**TIPO DE GRADACION:** B

MASA INICIAL DE LA MUESTRA	A=	5008	gr.
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 12 DESPUES DE 500 REVOLUCIONES	B=	4160	gr
MASA QUE PASA EL TAMIZ N° 12	C=	848	gr
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE</b>	<b>D=</b>	<b>17</b>	<b>%</b>

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.



Ing. María Inés Calvo  
 Responsable de Área



Ing. Guillermo Realpe M. S.C  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ABRASIÓN E IMPÁCTO POR LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados pétreos para la Provincia de Sucumbios  
**LOCALIZACION:** Quito  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**NORMA ENSAYO:** ASTM C 131

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari  
**FISCALIZACION:** .....  
**CONTRATISTA:** .....  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016  
**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**RECEPCION N°:** 3487 M  
**HOJA:** 23 de 43  
**CANTERA:** Florida  
**LOCALIZACIÓN:** Km 8 via Quito  
**DESCRIPCIÓN:** Florida 3/4"

$Porcentaje\ de\ desgaste = (C / A) * 100$

$Masa\ que\ pasa\ el\ tamiz\ No.\ 12 = (A - B)$

**TIPO DE GRADACION:** B

MASA INICIAL DE LA MUESTRA	A=	5004	gr.
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 12 DESPUES DE 500 REVOLUCIONES	B=	3963	gr
MASA QUE PASA EL TAMIZ N° 12	C=	1041	gr
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE</b>	<b>D=</b>	<b>21</b>	<b>%</b>

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
 Responsable de Área

Ing. Guillermo Realpe M.S.C.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ÁREA DE HORMIGONES  
INFORME DE ENSAYO  
EQUIVALENTE DE ARENA

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

ANÁLISIS DE LA CORRELACION ENTRE ESTABILIDAD Y MÓDULO DE RIGIDEZ DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, EMPLEANDO AGREGADOS PETREOS PARA LA PROVINCIA DE SUCUMBIOS

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios

LOCALIZACION: Quito

NORMA ENSAYO: ASSHTO T 176

RECEPCION N°: 3487M

HOJA: 28 de 43

CANTERA: Florida

LOCALIZACIÓN: Km. 8 via Quito

MUESTRA: Tomada por el cliente

DESCRIPCION: Florida 3/8"

SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuari

FISCALIZACIÓN: .....

CONTRATISTA: .....

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 08/03/2016

FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

$$C = (B / A) * 100$$

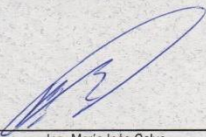
LECTURA INICIAL A= 4,5 "

LECTURA FINAL B= 3,8 "

EQUIVALENTE DE ARENA C 84 %

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Área.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

ÁREA DE HORMIGONES  
INFORME DE ENSAYO  
PARTICULAS FRACTURADAS

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuan

LOCALIZACION: Quito FISCALIZACIÓN: .....

RECEPCION N°: 3487 M CONTRATISTA: .....

NORMA: ASTM D 5821

HOJA: 43 de 43 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/03/2016

CANTERA: Florida FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

LOCALIZACIÓN: Km. 8 via Quito

MUESTRA: Florida 3/4"

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO	MASA DE PARTICULAS	MASA DE PARTICULAS	% DE PARTICULAS	% DE PARTICULAS
PASA	RETIENE	PARCIAL DEL	EN CADA FRACCIÓN ANTES	FRACTURADAS EN CADA FRACCIÓN	FRACTURADAS	FRACTURADAS
		AGREGADO	DEL ENSAYO		EN CADA FRACCIÓN	
1"	3/4"	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	1/2"	78,43	632,90	539,10	85,18	66,80
1/2"	3/8"	18,79	261,80	246,80	94,27	17,71
3/8"	N° 4	2,53	0,00	0,00	0,00	0,00
Porcentaje total de particulas trituradas						<b>84,5</b>

OBSERVACIONES:  
**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Área.

  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.





**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO FINO**

<b>TESIS:</b>	Análisis de la Correlación entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios	<b>SOLICITADO POR:</b> Arq. Roberto Uchuari
<b>LOCALIZACION:</b>	Quito	<b>FISCALIZACIÓN:</b> .....
<b>NORMA ENSAYO:</b>	ASTM C 142	<b>CONTRATISTA:</b> .....
<b>RECEPCION N°:</b>	3487M	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:</b> 08/03/2016
<b>HOJA:</b>	29 de 43	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b> 18/04/2016
<b>CANTERA:</b>	Florida	
<b>LOCALIZACION:</b>	Km. 8 vía Quito	
<b>MUESTRA:</b>	Tomada por el cliente	
<b>DESCRIPCION:</b>	Florida 3/8"	

$$P = \frac{M - R}{M} \times 100$$

<b>MASA INICIAL DE LA MUESTRA:</b>	M=	351,70	gr.
<b>MASA RETENIDA EN TAMIZ N° 20 DESPUES DEL ENSAYO</b>	R=	351,20	gr
<b>PORCENTAJE DE ARCILLA:</b>	P=	0,1	%

**OBSERVACIONES:**


NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente





Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Área.



  
Jng. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director L.M.C.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO GRUESO**

**TESIS:** Análisis de la Correlación entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados pétreos para la Provincia de Sucumbios

**LOCALIZACION:** Quito

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 142-97

**RECEPCION N°:** 3487M

**HOJA:** 35 de 43

**CANTERA:** Florida

**LOCALIZACION:** Km 8 vía Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**FISCALIZACIÓN:** .....

**CONTRATISTA:** .....

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**DESCRIPCIÓN:** Florida 3/4"

$$\% \text{ RETENIDO PARCIAL} = \text{MASA RETENIDA PARCIAL} / \text{MASA TOTAL} * 100$$


$$\% \text{ QUE PASA} = \text{MASA INICIAL} - \text{MASA RETENIDA DES DEL ENSAYO} / \text{MASA INICIAL} * 100$$

$$\% \text{ PARCIAL DE ARCILLA} = \% \text{ RETENIDO PARCIAL} * \% \text{ QUE PASA} / 100$$

N° TAMIZ PASA	N° TAMIZ RETIENE	% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	% QUE PASA EL TAMIZ MAS FINO DESPUES DEL ENSAYO	% PARCIAL DE ARCILLA
3/4"	3/8"	97,22	2211,7	0,11	0,110
3/8"	N° 4	2,53	670,8	0,15	0,004
<b>PORCENTAJE TOTAL</b>					<b>0,11</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este Informe de Ensayo no debe ser reproducido parcialmente

  
Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Área.

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**AREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**DURABILIDAD DE LOS ÁRIDOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios  
**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuarí

**LOCALIZACION:** Quito  
**FISCALIZADOR:** .....

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 88  
**CONTRATISTA:** .....

**RECEPCION N°:** 3487 M  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**HOJA:** 16 de 43  
**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**CANTERA:** Florida

**LOCALIZACION:** Km. 8 vía Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**DESCRIPCION:** Florida 3/4"

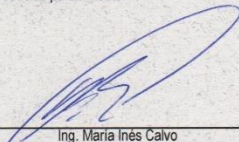
SOLUCION DE SULFATO DE SODIO

**ARIDO GRUESO**

FRACCION N°	N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	3/4"	1/2"	78.43	672.80	671.80	0.15	0.12
2	1/2"	3/8"	18.79	331.50	327.30	1.27	0.24
3	3/8"	N° 4	2.53	301.20	299.30	0.63	0.02
PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL							<b>0,4</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Area.

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**AREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**DURABILIDAD DE LOS ÁRIDOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS**

ANÁLISIS DE LA CORRELACION ENTRE ESTABILIDAD Y MÓDULO DE RIGIDEZ DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, EMPLEANDO AGREGADOS PETREOS PARA LA PROVINCIA DE SUCUMBIOS

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios

SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuari

LOCALIZACION: Quito

FISCALIZADOR: .....

NORMA ENSAYO: ASTM C 88

CONTRATISTA: .....

RECEPCION N°: 3487 M

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/03/2016

HOJA: 17 de 43

FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

CANTERA: Florida

LOCALIZACION: Km 8 via Quito

MUESTRA: Tomada por el cliente

DESCRIPCION: Florida 3/8"


SOLUCION DE SULFATO DE SODIO

**ARIDO FINO**

FRACCION N°	N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	3/8"	N° 4	27.89	101.8	100.1	1.67	0.47
2	N° 4	N° 8	18.49	100.60	99.40	1.19	0.22
3	N° 8	N° 16	13.52	100.00	99.30	0.70	0.09
4	N° 16	N° 30	15.70	100.00	99.20	0.80	0.13
5	N° 30	N° 50	18.87	100.00	99.00	1.00	0.19
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL</b>							<b>0,6</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Ing. Maria Ines Calvo  
Responsable de Area.

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



## **CARACTERIZACION AGREGADOS “MINA JAMBELI”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

ÁREA DE HORMIGONES  
INFORME DE ENSAYO

GRANULOMETRÍA POR MALLAS (AGREGADO GRUESO)

TESIS: Análisis de la Correlación entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuarí

LOCALIZACION: Quito FISCALIZACION: .....

MUESTRA: Tomada por el cliente CONTRATISTA: .....

NORMA ENSAYO: ASTM C 136 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/03/2016  
FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

RECEPCION N°: 3487 M

HOJA: 3 de 43

CANTERA: Jambeli

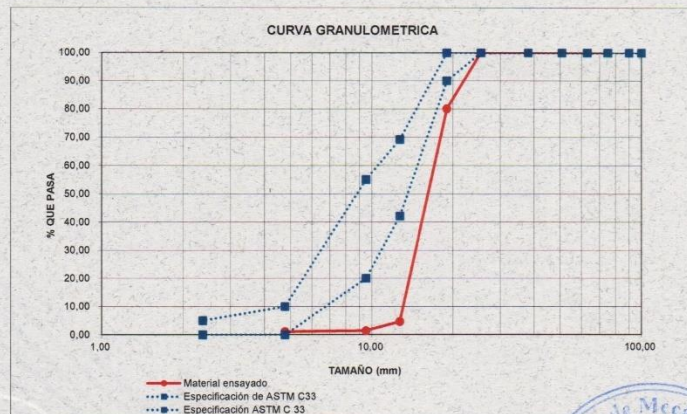
LOCALIZACIÓN: .....

DESCRIPCIÓN: Jambeli 3/4"

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO: 3/4 plg

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO: 1 plg

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
4"	100,00	0	0	0,00	100,00
3 1/2"	90,00	0	0	0,00	100,00
3"	75,00	0	0	0,00	100,00
2 1/2"	63,00	0	0	0,00	100,00
2"	50,80	0	0	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0	0	0,00	100,00
1"	25,40	0	0	0,00	100,00
3/4"	19,00	8519	8519	20,08	79,92
1/2"	12,70	31968	40487	95,41	4,59
3/8"	9,51	1385	41872	98,68	1,32
No.4	4,76	131	42003	99,69	1,01
Pasa N° 4		430	430		
SUMA		42433	42433		



OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

*[Signature]*  
Ing. Marián Calvo  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**GRANULOMETRÍA POR MALLAS (AGREGADO FINO)**

**TESIS:** Análisis de la Correlación entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**LOCALIZACION:** Quito  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**NORMA ENSAYO:** ASTM C 136

**FISCALIZACION:** .....

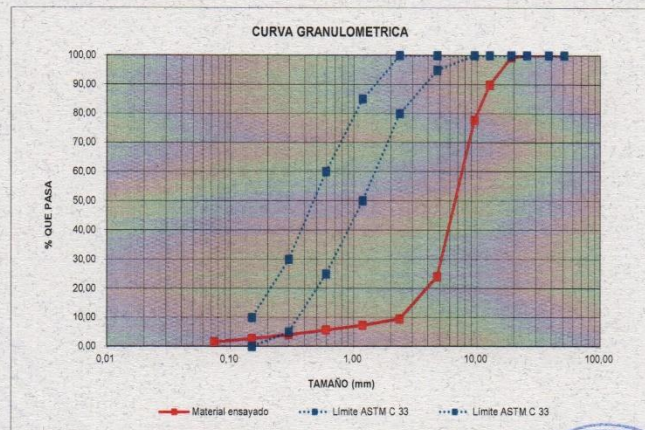
**CONTRATISTA:** .....

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**RECEPCION N°:** 3487 M  
**HOJA:** 4 de 43  
**CANTERA:** Jambeli  
**LOCALIZACIÓN:** Km. 23 vía Quito  
**DESCRIPCIÓN:** Jambeli 3/8"  
**MÓDULO DE FINURA:** 5,80

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
2"	50,80	0	0	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0	0	0,00	100,00
1"	25,40	0	0	0,00	100,00
3/4"	19,00	152	152	0,65	99,35
1/2"	12,70	2204	2356	10,10	89,90
3/8"	9,51	2848	5204	22,31	77,69
No.4	4,76	12527	17731	76,02	23,98
No.8	2,36	3374	21105	90,49	9,51
No.16	1,18	524	21629	92,73	7,27
No.30	0,60	370	21999	94,32	5,68
No.50	0,30	402	22401	96,04	3,96
No.100	0,15	296	22697	97,31	2,69
No.200	0,07	268	22865	98,46	1,54
Pasa No. 200		359	359		
SUMA		23324	23324		



**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO GRUESO**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios

**LOCALIZACION:** Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 127

**RECEPCION N°:** 3487 M

**HOJA:** 9 de 43

**CANTERA:** Jambelli

**LOCALIZACIÓN:** Km. 23 via Quito

**DESCRIPCIÓN:** Jambelli 3/4"

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**FISCALIZACION:** .....

**CONTRATISTA:** .....

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

$Gravedad\ especifica\ seca = A / (B - C)$

$Gravedad\ especifica\ saturada\ con\ superficie\ seca = B / (B - C)$

$Gravedad\ especifica\ aparente = A / (A - C)$

MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	4699,00	gr
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B =	4739,00	gr
MASA APARENTE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	C =	2954,00	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	Ge =	2,63	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges =	2,65	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea =	2,69	
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab =	0,85	%

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**AREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO GRUESO**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios

**LOCALIZACION:** Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 127

**RECEPCION N°:** 3487 M

**HOJA:** 11 de 43

**CANTERA:** Jambeli

**LOCALIZACIÓN:** Km. 23 vía Quito

**DESCRIPCIÓN:** Jambeli 3/6"

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**FISCALIZACION:** .....

**CONTRATISTA:** .....

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

$Gravedad\ especifica\ seca = A / (B - C)$

$Gravedad\ especifica\ saturada\ con\ superficie\ seca = B / (B - C)$

$Gravedad\ especifica\ aparente = A / (A - C)$

MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	3094,00	gr
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B =	3126,00	gr
MASA APARENTE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	C =	1946,00	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	Ge =	2,62	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges =	2,65	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea =	2,70	
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab =	1,03	%

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. Mária Inés Calvo  
Responsable de Área

UNIVERSIDAD  
CATOLICA  
DEL  
ECUADOR  
Ing. Guillermo Realpe M. SC  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

AREA DE HORMIGONES  
INFORME DE ENSAYO  
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO FINO  
PROCEDIMIENTO GRAVIMÉTRICO

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios  
LOCALIZACION: Quito  
MUESTRA: Tomada por el cliente  
NORMA ENSAYO: ASTM C 128

SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuarí  
FISCALIZACION: .....  
CONTRATISTA: .....  
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/03/2016  
FECHA DE EMISIÓN: 10/04/2016

RECEPCION N°: 3487 M  
HOJA: 8 de 43  
CANTERA: Jambelli  
LOCALIZACIÓN: Km. 23 via Quito  
DESCRIPCIÓN: Jambelli 3/8"

$$\text{Gravedad especifica seca} = A / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad especifica saturada con superficie seca} = S / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad especifica aparente} = A / (B + A - C)$$

MASA DEL MATRAZ	Mm =	159,00	gr
MASA DEL MATRAZ + AGUA	B =	659,00	gr
MASA CONJUNTO MATRAZ, AGUA Y MUESTRA	C =	967,90	gr
MASA DE MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	S =	500,40	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	492,50	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	Ge =	2,57	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges =	2,61	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea =	2,68	
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab =	1,60	%

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**AREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO FINO  
PROCEDIMIENTO GRAVIMÉTRICO

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios  
SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuari

LOCALIZACION: Quito  
FISCALIZACION: .....  
MUESTRA: Tomada por el cliente  
CONTRATISTA: .....  
NORMA ENSAYO: ASTM C 128  
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/03/2016  
FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

RECEPCION N°: 3487 M  
HOJA: 10 de 43  
CANTERA: Jambelí  
LOCALIZACIÓN: Km. 23 vía Quito  
DESCRIPCIÓN: Jambelí Arena

$$\text{Gravedad específica seca} = A / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad específica saturada con superficie seca} = S / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = A / (B + A - C)$$

MASA DEL MATRAZ	Mm =	159,00	gr
MASA DEL MATRAZ + AGUA	B =	659,00	gr
MASA CONJUNTO MATRAZ, AGUA Y MUESTRA	C =	967,80	gr
MASA DE MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	S =	502,40	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	490,90	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	Ge =	2,54	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges =	2,60	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea =	2,70	
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab =	2,34	%

OBSERVACIONES:  
NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Área

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
Ing. Guillermo Reaño M.S.C.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO GRUESO**

<b>TESIS:</b>	Análisis de la Correlación entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios	<b>SOLICITADO POR:</b>	Arq. Roberto Uchuan
<b>LOCALIZACION:</b>	Quito	<b>FISCALIZACION:</b>	.....
<b>MUESTRA:</b>	Tomada por el cliente	<b>CONTRATISTA:</b>	.....
<b>NORMA ENSAYO:</b>	ASTM C 127	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b>	08/03/2016
<b>RECEPCION N°:</b>	3487 M	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	18/04/2016
<b>HOJA:</b>	12 de 43		
<b>CANTERA:</b>	Jambeli		
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Km. 23 via Quito		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Jambeli arena		

Gravedad específica seca =  $A / (B - C)$

Gravedad específica saturada con superficie seca =  $B / (B - C)$

Gravedad específica aparente =  $A / (A - C)$

MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	1973.00	gr
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B =	1997.00	gr
MASA APARENTE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	C =	1245.00	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	Ge =	2,62	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges =	2,66	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea =	2,71	
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab =	1,22	%

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
 Responsable de Área

UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR  
 Ing. Guillermo Realpe M.S.C.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**AREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ABRASIÓN E IMPÁCTO POR LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios

**LOCALIZACION:** Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 131

**RECEPCION N°:** 3487 M

**HOJA:** 25 de 43

**CANTERA:** Jambelli

**LOCALIZACIÓN:** Km. 23 vía Quito

**DESCRIPCIÓN:** Jambelli 3/4"

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**FISCALIZACION:** .....

**CONTRATISTA:** .....

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

$$\text{Porcentaje de desgaste} = (C / A) * 100$$

$$\text{Masa que pasa el tamiz No. 12} = (A - B)$$

**TIPO DE GRADACION:** B

MASA INICIAL DE LA MUESTRA	A=	5008	gr.
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 12 DESPUES DE 500 REVOLUCIONES	B=	4160	gr
MASA QUE PASA EL TAMIZ N° 12	C=	848	gr
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE</b>	<b>D=</b>	<b>17</b>	<b>%</b>

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ABRASIÓN E IMPÁCTO POR LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES**

**TESIS:** Análisis de la Correlación entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios **SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**LOCALIZACION:** Quito **FISCALIZACION:** .....

**MUESTRA:** Tomada por el cliente **CONTRATISTA:** .....

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 131 **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**RECEPCION N°:** 3487 M **FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**HOJA:** 24 de 43

**CANTERA:** Jambeli

**LOCALIZACIÓN:** Km. 23 vía Quito

**DESCRIPCIÓN:** Jambeli 3/8"

**Porcentaje de desgaste = ( C / A ) \* 100**

**Masa que pasa el tamiz No. 12 = ( A - B )**

**TIPO DE GRADACION:** C

MASA INICIAL DE LA MUESTRA	A=	5004	gr.
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 12 DESPUES DE 500 REVOLUCIONES	B=	3854	gr
MASA QUE PASA EL TAMIZ N° 12	C=	1150	gr
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE</b>	D=	23	%

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.



*[Signature]*  
 Ing. María Inés Calvo  
 Responsable de Área



*[Signature]*  
 Ing. Guillermo Realpe M.Sc  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**EQUIVALENTE DE ARENA**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

<b>TESIS:</b>	Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios	<b>SOLICITADO POR:</b> Arq. Roberto Uchuarí
<b>LOCALIZACION:</b>	Quito	<b>FISCALIZACIÓN:</b> .....
<b>NORMA ENSAYO:</b>	ASSHTO T 176	<b>CONTRATISTA:</b> .....
<b>RECEPCION N°:</b>	3487M	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:</b> 08/03/2016
<b>HOJA:</b>	26 de 43	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b> 18/04/2016
<b>CANTERA:</b>	Jambeli	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Km 23 via Quitp	
<b>MUESTRA:</b>	Tomada por el cliente	
<b>DESCRIPCION:</b>	Jambeli 3/8"	

$$C = (B / A) * 100$$

<b>LECTURA INICIAL</b>	A=	6,1 "
<b>LECTURA FINAL</b>	B=	3,6 "
<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>	C	59 %

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área.

UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**EQUIVALENTE DE ARENA**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec


<b>TESIS:</b>	Análisis de la Correlación entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios	<b>SOLICITADO POR:</b> Arq. Roberto Uchuari
<b>LOCALIZACION:</b>	Quito	<b>FISCALIZACIÓN:</b> .....
<b>NORMA ENSAYO:</b>	ASSHTO T 176	<b>CONTRATISTA:</b> .....
<b>RECEPCION N°:</b>	3487M	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:</b> 08/03/2016
<b>HOJA:</b>	27 de 43	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b> 18/04/2016
<b>CANTERA:</b>	Jambeli	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Km 23 via Quito	
<b>MUESTRA:</b>	Tomada por el cliente	
<b>DESCRIPCION:</b>	Jambeli Arena	

$$C = (B / A) * 100$$

<b>LECTURA INICIAL</b>	A=	5,3 "
<b>LECTURA FINAL</b>	B=	3,7 "
<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>	C	70 %

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
 Ing. Maria Inés Calvo  
 Responsable de Área.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**PARTICULAS FRACTURADAS**

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios  
LOCALIZACION: Quito  
RECEPCION N°: 3487 M  
NORMA: ASTM D 5821  
HOJA: 41 de 43  
CANTERA: Jambeli  
LOCALIZACIÓN: Km. 23 via Quito  
MUESTRA: Jambeli 3/4"

SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuari  
FISCALIZACIÓN .....  
CONTRATISTA: .....

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/03/2016  
FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO	MASA DE PARTICULAS	MASA DE PARTICULAS	% DE PARTICULAS	% DE PARTICULAS
PASA	RETIENE	PARCIAL DEL	EN CADA FRACCIÓN ANTES	FRACTURADAS EN CADA FRACCIÓN	FRACTURADAS	FRACTURADAS
		AGREGADO	DEL ENSAYO		EN CADA FRACCIÓN	
1"	3/4"	20,26	1537,60	1144,30	74,42	15,09
3/4"	1/2"	76,11	543,60	453,90	83,50	63,55
1/2"	3/8"	3,30	209,50	161,40	77,04	2,54
3/8"	N° 4	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
Porcentaje total de partículas trituradas						<b>81,2</b>

OBSERVACIONES:  
**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área.

Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

ÁREA DE HORMIGONES  
INFORME DE ENSAYO  
PARTICULAS FRACTURADAS

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuari

LOCALIZACION: Quito FISCALIZACIÓN: .....

RECEPCION N°: 3487 M CONTRATISTA: .....

NORMA: ASTM D 5821

HOJA: 40 de 43 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/03/2016

FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

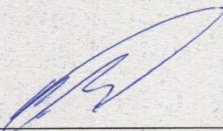
CANTERA: Jambeli

LOCALIZACIÓN: Km. 23 vía Quito

MUESTRA: Jambeli 3/8"

N° DEL TAMIZ	% RETENIDO	MASA DE PARTICULAS		% DE PARTICULAS		
		PARCIAL DEL AGREGADO	EN CADA FRACCIÓN ANTES DEL ENSAYO	FRACTURADAS EN CADA FRACCIÓN	FRACTURADAS EN CADA FRACCIÓN	
1"	3/4"	0,86	0,00	0,00	0,00	
3/4"	1/2"	12,43	571,00	541,90	94,90	
1/2"	3/8"	16,06	235,20	207,10	88,05	
3/8"	N° 4	70,65	0,00	0,00	0,00	
Porcentaje total de partículas trituradas					25,9	

OBSERVACIONES:  
NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Área.

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

ÁREA DE HORMIGONES  
INFORME DE ENSAYO  
PARTICULAS FRACTURADAS

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuari

LOCALIZACION: Quito FISCALIZACION: .....

RECEPCION N°: 3487 M CONTRATISTA: .....

NORMA: ASTM D 5821

HOJA: 42 de 43 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/03/2016

FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

CANTERA: Jambell

LOCALIZACIÓN: Km. 23 vía Quito

MUESTRA: Jambell arena

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO	MASA DE PARTICULAS	MASA DE PARTICULAS	% DE PARTICULAS	% DE PARTICULAS
PASA	RETIENE	PARCIAL DEL	EN CADA FRACCIÓN ANTES	FRACTURADAS EN CADA FRACCIÓN	FRACTURADAS	FRACTURADAS
		AGREGADO	DEL ENSAYO		EN CADA FRACCIÓN	
1"	3/4"	12,71	1529,00	1507,00	98,56	12,52
3/4"	1/2"	13,93	551,00	468,50	85,03	11,84
1/2"	3/8"	14,60	241,60	213,40	88,33	12,89
3/8"	N° 4	58,77	0,00	0,00	0,00	0,00
Porcentaje total de partículas trituradas						<b>37,3</b>

OBSERVACIONES:  
**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Área.

Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO GRUESO**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios

**LOCALIZACION:** Quito

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 142-97

**RECEPCION N°:** 3487M

**HOJA:** 34 de 43

**CANTERA:** Jambeli

**LOCALIZACION:** Km 23 vía Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**FISCALIZACIÓN:** .....

**CONTRATISTA:** .....

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**DESCRIPCION:** Jambeli 3/4"

$$\% \text{ RETENIDO PARCIAL} = \text{MASA RETENIDA PARCIAL} / \text{MASA TOTAL} * 100$$

$$\% \text{ QUE PASA} = \text{MASA INICIAL} - \text{MASA RETENIDA DES DEL ENSAYO} / \text{MASA INICIAL} * 100$$

$$\% \text{ PARCIAL DE ARCILLA} = \% \text{ RETENIDO PARCIAL} * \% \text{ QUE PASA} / 100$$

N° TAMIZ PASA	N° TAMIZ RETIENE	% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	% QUE PASA EL TAMIZ MAS FINO DESPUES DEL ENSAYO	% PARCIAL DE ARCILLA
3/4"	3/8"	79,41	3043,3	0,13	0,104
3/8"	N° 4	0,31	2013,0	0,12	0,000
<b>PORCENTAJE TOTAL</b>					<b>0,10</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este Informe de Ensayo no debe ser reproducido parcialmente

Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Área.



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO GRUESO**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios

**LOCALIZACION:** Quito

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 142-97

**RECEPCION N°:** 3487M

**HOJA:** 32 de 43

**CANTERA:** Jambeli

**LOCALIZACION:** Km 23 vía Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**FISCALIZACIÓN:** .....

**CONTRATISTA:** .....

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**DESCRIPCION:** Jambeli 3/8"

$$\% \text{ RETENIDO PARCIAL} = \text{MASA RETENIDA PARCIAL} / \text{MASA TOTAL} * 100$$

$$\% \text{ QUE PASA} = \text{MASA INICIAL} - \text{MASA RETENIDA DES DEL ENSAYO} / \text{MASA INICIAL} * 100$$

$$\% \text{ PARCIAL DE ARCILLA} = \% \text{ RETENIDO PARCIAL} * \% \text{ QUE PASA} / 100$$

N° TAMIZ PASA	N° TAMIZ RETIENE	% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	% QUE PASA EL TAMIZ MAS FINO DESPUES DEL ENSAYO	% PARCIAL DE ARCILLA
3/4"	3/8"	28,49	2014,3	0,15	0,044
3/8"	N° 4	70,65	1051,6	0,19	0,134
<b>PORCENTAJE TOTAL</b>					<b>0,18</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este Informe de Ensayo no debe ser reproducido parcialmente

  
Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área.

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO GRUESO**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios

**LOCALIZACION:** Quito

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 142-97

**RECEPCION N°:** 3487M

**HOJA:** 33 de 43

**CANTERA:** Jambeli

**LOCALIZACION:** Km 23 vía Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**FISCALIZACIÓN:** .....

**CONTRATISTA:** .....

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**DESCRIPCION:** Jambeli arena

$$\% \text{ RETENIDO PARCIAL} = \text{MASA RETENIDA PARCIAL} / \text{MASA TOTAL} * 100$$

$$\% \text{ QUE PASA} = \text{MASA INICIAL} - \text{MASA RETENIDA DES DEL ENSAYO} / \text{MASA INICIAL} * 100$$

$$\% \text{ PARCIAL DE ARCILLA} = \% \text{ RETENIDO PARCIAL} * \% \text{ QUE PASA} / 100$$

N° TAMIZ PASA	N° TAMIZ RETIENE	% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	% QUE PASA EL TAMIZ MAS FINO DESPUES DEL ENSAYO	% PARCIAL DE ARCILLA
3/4"	3/8"	28,54	2103,0	0,14	0,041
3/8"	N° 4	58,75	1047,3	0,14	0,084
<b>PORCENTAJE TOTAL</b>					<b>0,12</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este Informe de Ensayo no debe ser reproducido parcialmente

  
Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Área.

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO FINO**

<b>TESIS:</b>	Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios	<b>SOLICITADO POR:</b> Arq. Roberto Uchuari
<b>LOCALIZACION:</b>	Quito	<b>FISCALIZACIÓN:</b> .....
<b>NORMA ENSAYO:</b>	ASTM C 142	<b>CONTRATISTA:</b> .....
<b>RECEPCION N°:</b>	3487M	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:</b> 08/03/2016
<b>HOJA:</b>	31 de 43	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b> 18/04/2016
<b>CANTERA:</b>	Jambell	
<b>LOCALIZACION:</b>	Km. 23 via Quito	
<b>MUESTRA:</b>	Tomada por el cliente	
<b>DESCRIPCION:</b>	Jambell 3/8"	

$$P = \frac{M - R}{M} \times 100$$

MASA INICIAL DE LA MUESTRA: M= 286,10 gr.

MASA RETENIDA EN TAMIZ N° 20 DESPUES DEL ENSAYO R= 283,50 gr

PORCENTAJE DE ARCILLA: P= 0,9 %

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente



Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área.

Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO FINO

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Modulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios

LOCALIZACION: Quito

NORMA ENSAYO: ASTM C 142

RECEPCION N°: 3487M

HOJA: 30 de 43

CANTERA: Jambeli

LOCALIZACION: Km. 23 via Quito

MUESTRA: Tomada por el cliente

DESCRIPCION: Jambeli Arena

SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuarí

FISCALIZACIÓN: .....

CONTRATISTA .....

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 08/03/2016

FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

$$P = \frac{M - R}{M} \times 100$$

MASA INICIAL DE LA MUESTRA: M= 237,20 gr.

MASA RETENIDA EN TAMIZ N° 20 DESPUES DEL ENSAYO R= 234,20 gr

PORCENTAJE DE ARCILLA: P= 1,3 %

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este Informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente



Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Área.



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE HORMIGONES**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**INFORME DE ENSAYO**  
**PARTÍCULAS ALARGADAS Y PLANAS**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios **SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**LOCALIZACION:** Quito **FISCALIZADOR:** .....

**NORMA ENSAYO:** ASTM D 4791 **CONTRATISTA:** .....

**RECEPCION N°:** 3487 M **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**HOJA:** 37 de 43 **FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**DESCRIPCIÓN:** Jambeli 3/4"

**CANTERA:** Jambeli

**MUESTRA:** Tomada por el Cliente

**PARTÍCULAS ALARGADAS**

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	NÚMERO DE PARTICULAS EN CADA FRACCIÓN ANTES DEL ENSAYO	NÚMERO DE PARTICULAS ALARGADAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS ALARGADAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS ALARGADAS
PASA	RETIENE					
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	20.35	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	76.35	100.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	3/8"	3.31	100.00	3.00	3.00	0.10
Porcentaje total de partículas alargadas - Relación 1:3						<b>0,10</b>

**PARTÍCULAS PLANAS**

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	NÚMERO DE PARTICULAS EN CADA FRACCIÓN ANTES DEL ENSAYO	NÚMERO DE PARTICULAS PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS PLANAS
PASA	RETIENE					
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	20.35	100.00	2.00	2.00	0.41
3/4"	1/2"	76.35	100.00	3.00	3.00	2.29
1/2"	3/8"	3.31	100.00	6.00	6.00	0.20
Porcentaje total de partículas planas - Relación 1:3						<b>2,90</b>

**PARTÍCULAS ALARGADAS Y PLANAS**

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	NÚMERO DE PARTICULAS EN CADA FRACCIÓN ANTES DEL ENSAYO	NÚMERO DE PARTICULAS ALARGADAS Y PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS ALARGADAS Y PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS ALARGADAS Y PLANAS
PASA	RETIENE					
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	20.35	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	76.35	100.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	3/8"	3.31	100.00	0.00	0.00	0.00
Porcentaje total de partículas alargadas y planas - Relación 1:3						<b>0,00</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. Maria Inés Calvo  
 Responsable de Área.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE HORMIGONES**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**INFORME DE ENSAYO**  
**PARTÍCULAS ALARGADAS Y PLANAS**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios  
**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**LOCALIZACION:** Quito  
**FISCALIZADOR:** .....

**NORMA ENSAYO:** ASTM D 4791  
**CONTRATISTA:** .....

**RECEPCIÓN N°:** 3487 M  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**HOJA:** 36 de 43  
**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**DESCRIPCIÓN:** Jambeli 3/8"  
**CANTERA:** Jambeli  
**MUESTRA:** Tomada por el Cliente

**PARTÍCULAS ALARGADAS**

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	NÚMERO DE PARTICULAS EN CADA FRACCIÓN ANTES DEL ENSAYO	NÚMERO DE PARTICULAS ALARGADAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS ALARGADAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS ALARGADAS
PASA	RETIENE					
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	2.92	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	42.35	100.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	3/8"	54.73	100.00	0.00	0.00	0.00
Porcentaje total de partículas alargadas - Relación 1:3						0,00

**PARTÍCULAS PLANAS**

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	NÚMERO DE PARTICULAS EN CADA FRACCIÓN ANTES DEL ENSAYO	NÚMERO DE PARTICULAS PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS PLANAS
PASA	RETIENE					
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	2.92	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	42.35	100.00	3.00	3.00	1.27
1/2"	3/8"	54.73	100.00	7.00	7.00	3.83
Porcentaje total de partículas planas - Relación 1:3						5,10

**PARTÍCULAS ALARGADAS Y PLANAS**

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	NÚMERO DE PARTICULAS EN CADA FRACCIÓN ANTES DEL ENSAYO	NÚMERO DE PARTICULAS ALARGADAS Y PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS ALARGADAS Y PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTICULAS ALARGADAS Y PLANAS
PASA	RETIENE					
1 1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	2.92	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	42.35	100.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	3/8"	54.73	100.00	0.00	0.00	0.00
Porcentaje total de partículas alargadas y planas - Relación 1:3						0,00

**OBSERVACIONES:**  
**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
 Ing. María Inés Calvo  
 Responsable de Área.

  
 Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
 Director LMC.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE HORMIGONES**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**INFORME DE ENSAYO**  
**PARTÍCULAS ALARGADAS Y PLANAS**

**ANÁLISIS:** Análisis de la Correlación entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados pétreos para la Provincia de Sucumbios

**TESTES:** ASTM D 4791

**LOCALIZACIÓN:** Quito

**NORMA ENSAYO:** ASTM D 4791

**RECEPCIÓN N°:** 3487 M

**HOJA:** 38 de 43

**DESCRIPCIÓN:** Jambeli arena

**CANTERA:** Jambeli

**MUESTRA:** Tomada por el Cliente

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**FISCALIZADOR:** .....

**CONTRATISTA:** .....

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**PARTÍCULAS ALARGADAS**

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	NÚMERO DE PARTÍCULAS EN CADA FRACCIÓN ANTES DEL ENSAYO	NÚMERO DE PARTÍCULAS ALARGADAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTÍCULAS ALARGADAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTÍCULAS ALARGADAS
PASA	RETIENE					
1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	30.82	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	33.78	100.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	3/8"	35.41	100.00	2.00	2.00	0.71
Porcentaje total de partículas alargadas - Relación 1:3						0,71

**PARTÍCULAS PLANAS**

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	NÚMERO DE PARTÍCULAS EN CADA FRACCIÓN ANTES DEL ENSAYO	NÚMERO DE PARTÍCULAS PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTÍCULAS PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTÍCULAS PLANAS
PASA	RETIENE					
1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	30.82	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	33.78	100.00	9.00	9.00	3.04
1/2"	3/8"	35.41	100.00	7.00	7.00	2.48
Porcentaje total de partículas planas - Relación 1:3						5,52

**PARTÍCULAS ALARGADAS Y PLANAS**

N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	NÚMERO DE PARTÍCULAS EN CADA FRACCIÓN ANTES DEL ENSAYO	NÚMERO DE PARTÍCULAS ALARGADAS Y PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTÍCULAS ALARGADAS Y PLANAS EN CADA FRACCIÓN	% DE PARTÍCULAS ALARGADAS Y PLANAS
PASA	RETIENE					
1/2"	1"	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
1"	3/4"	30.82	100.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	33.78	100.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	3/8"	35.41	100.00	0.00	0.00	0.00
Porcentaje total de partículas alargadas y planas - Relación 1:3						0,00

**OBSERVACIONES:**  
**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
 Ing. María Inés Calvo  
 Responsable de Área.

  
 Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
 Director LMC.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**AREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**DURABILIDAD DE LOS ÁRIDOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios  
**LOCALIZACION:** Quito  
**NORMA ENSAYO:** ASTM C 88  
**RECEPCION N°:** 3487 M  
**HOJA:** 20 de 43  
**CANTERA:** Jambeli  
**LOCALIZACION:** Km. 23 via Quito  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**DESCRIPCION:** Jambeli 3/4"

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari  
**FISCALIZADOR:** .....  
**CONTRATISTA:** .....  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016  
**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

SOLUCION DE SULFATO DE SODIO

**ARIDO GRUESO**

FRACCION N°	N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DESPUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	1"	3/4"	20,28	507,8	505,5	0,45	0,09
2	3/4"	1/2"	76,11	672,70	671,50	0,18	0,14
3	1/2"	3/8"	3,30	331,70	329,30	0,72	0,02
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL</b>							<b>0,2</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Area.

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**AREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**DURABILIDAD DE LOS ÁRIDOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios  
**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**LOCALIZACION:** Quito  
**FISCALIZADOR:** .....

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 88  
**CONTRATISTA:** .....

**RECEPCION N°:** 3487 M  
**FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA:** 08/03/2016

**HOJA:** 21 de 43  
**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**CANTERA:** Jambeli

**LOCALIZACION:** Km. 23 via Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**DESCRIPCION:** Jambeli 3/8"

SOLUCION DE SULFATO DE SODIO

**ARIDO GRUESO**

FRACCION N°	N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	3/4"	1/2"	12,43	670,10	666,80	0,49	0,06
2	1/2"	3/8"	16,06	330,30	326,90	1,03	0,17
3	3/8"	N° 4	70,65	301,00	298,10	0,96	0,68
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL</b>							<b>0,9</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área.

Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**AREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**DURABILIDAD DE LOS ÁRIDOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios  
**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**LOCALIZACION:** Quito  
**FISCALIZADOR:** .....

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 88  
**CONTRATISTA:** .....

**RECEPCION N°:** 3487 M  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**HOJA:** 18 de 43  
**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**CANTERA:** Jambeli

**LOCALIZACION:** Km. 23 via Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**DESCRIPCION:** Jambeli Arena

SOLUCION DE SULFATO DE SODIO

**ARIDO GRUESO**

FRACCION N°	N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	1"	3/4"	12,71	500,7	497,8	0,58	0,07
2	3/4"	1/2"	13,93	670,80	668,70	0,31	0,04
3	1/2"	3/8"	14,60	331,40	330,10	0,39	0,06
4	3/8"	N° 4	58,77	300,80	298,70	0,70	0,41
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL</b>							<b>0,5</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Area.



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**AREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**DURABILIDAD DE LOS ÁRIDOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios  
**LOCALIZACION:** Quito  
**NORMA ENSAYO:** ASTM C 88  
**RECEPCION N°:** 3487 M  
**HOJA:** 22 de 43  
**CANTERA:** Jambeli  
**LOCALIZACION:** Km. 23 via Quito  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente  
**DESCRIPCION:** Jambeli 3/8"

**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari  
**FISCALIZADOR:** .....  
**CONTRATISTA:** .....  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016  
**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

SOLUCION DE SULFATO DE SODIO

**ARIDO FINO**

FRACCION N°	N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	N° 4	N° 8	72,25	100,00	99,70	0,30	0,22
2	N° 8	N° 16	11,22	100,00	99,20	0,80	0,09
3	N° 16	N° 30	7,92	100,00	98,20	1,80	0,14
4	N° 30	N° 50	8,61	100,00	99,40	0,60	0,05
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL</b>							<b>0,5</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Area.

Ing. Guillermo Realde M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**AREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**DURABILIDAD DE LOS ÁRIDOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS**

**TESIS:** Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios  
**SOLICITADO POR:** Arq. Roberto Uchuari

**LOCALIZACION:** Quito  
**FISCALIZADOR:** .....

**NORMA ENSAYO:** ASTM C 88  
**CONTRATISTA:** .....

**RECEPCION N°:** 3487 M  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/03/2016

**HOJA:** 19 de 43  
**FECHA DE EMISIÓN:** 18/04/2016

**CANTERA:** Jambeli  
**LOCALIZACION:** Km. 23 via Quito

**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**DESCRIPCION:** Jambeli Arena

SOLUCION DE SULFATO DE SODIO

**ARIDO FINO**

FRACCION N°	N° DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	N° 4	N° 8	23,70	100,00	99,40	0,60	0,14
2	N° 8	N° 16	16,24	100,00	98,30	1,70	0,28
3	N° 16	N° 30	24,89	100,00	99,10	0,90	0,22
4	N° 30	N° 50	35,16	100,00	99,50	0,50	0,18
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL</b>							<b>0,8</b>

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. Maria Inés Calvo  
Responsable de Área.

Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**CONTENIDO ORGANICO EN AGREGADO FINO**

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios  
LOCALIZACIÓN: Quito  
NORMA ENSAYO: ASTM C 40  
RECEPCION N°: 3487 M  
HOJA: 14 de 43  
CANTERA: Jambeli  
LOCALIZACIÓN: Km. 23 via Quito  
MUESTRA: Tomada por el Cliente  
DESCRIPCION: Jambeli 3/8"

SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuari  
FISCALIZACIÓN .....  
CONTRATISTA: .....  
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/03/2016  
FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

$$C = (B / A) * 100$$

COLOR DE LA MUESTRA                      MAYOR A    0    MENOR A 5

CONTENIDO ORGANICO ACEPTABLE                      SI        NO   

VALOR EN LA ESCALA                      N°     0

**OBSERVACIONES:**

Según la norma ASTM C 40; 9,2 en la escala de Gardner ( 1 a 5) la muestra es **aceptable hasta 3**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE HORMIGONES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**CONTENIDO ORGANICO EN AGREGADO FINO**

TESIS: Analisis de la Correlacion entre Estabilidad y Módulo de Rigidez de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando agregados petreos para la Provincia de Sucumbios SOLICITADO POR: Arq. Roberto Uchuarí

LOCALIZACIÓN: Quito FISCALIZACIÓN .....

NORMA ENSAYO: ASTM C 40 CONTRATISTA: .....

RECEPCION N°: 3487 M FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 08/03/2016

HOJA: 15 de 43 FECHA DE EMISIÓN: 18/04/2016

CANTERA: Jambell

LOCALIZACIÓN: Km. 23 via Quito

MUESTRA: Tomada por el Cliente

DESCRIPCION: Jambell Arena

$$C = (B / A) * 100$$

COLOR DE LA MUESTRA MAYOR A 0 MENOR A 5

CONTENIDO ORGANICO ACEPTABLE SI

NO

VALOR EN LA ESCALA N°

**OBSERVACIONES:**

Según la norma ASTM C 40; 9,2 en la escala de Gardner ( 1 a 5) la muestra es **aceptable hasta 3**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área.

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



## **ANEXO III**

### **CARACTERIZACION ASFALTO AC-20**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**DENSIDAD DE MATERIALES BITUMINOSOS SEMISÓLIDOS (MÉTODO DEL PICNÓMETRO)**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YANEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D70 - 09 CONTRATISTA: —  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-06  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 4 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura de ensayo (°C)	25.0

**Registros para densidad:**

Serie del picnómetro	46
(A) Masa del picnómetro (más tapa)	37.136
(B) Masa del picnómetro lleno de agua	62.382
(C) Masa del picnómetro parcialmente lleno con asfalto	56.433
(D) Masa del picnómetro más asfalto y más agua	62.568
Densidad relativa de la muestra	1.010
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (kg/m <sup>3</sup> )	997.0
Densidad de la muestra (kg/m <sup>3</sup> )	1006.703

**Información de la muestra:**

Número de muestra	1
Norma de muestreo	N/D
Fecha de muestreo	N/D
Origen del producto	N/D
Lugar de muestreo	N/D
Identificación del camión	N/D

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Carlos Mallamo Figueroa  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**DETERMINACIÓN DE PUNTO DE CHISPA Y LLAMA DE MATERIALES  
 BITUMINOSOS CON EL EQUIPO DE COPA ABIERTA CLEVELAND**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D92 - 12b **CONTRATISTA:** ---  
**PROCEDIMIENTO:** LMC-MPT-5.4-AP-4 **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-06  
**RECEPCIÓN N°:** 3640 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 8 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información del ensayo:**

Identificación de la muestra	3640-1
Punto de Chispa (°C)	310
Punto de Llama (°C)	325
Presión barométrica (mm Hg)	548.5
Punto de Chispa corregido (°C)	317
Punto de Llama corregido (°C)	332

**Especificación del producto para punto de chispa:**

NTE INEN 2515:2014, Tabla 7, Grado AC-20	mínimo	232
--	--------	-----

**Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:**

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

**Información de la muestra:**

Número de muestra	1
Norma de muestreo	N/D
Fecha de muestreo	N/D
Origen del producto	N/D
Lugar de muestreo	N/D
Identificación del camión	N/D

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
 Carlos Miliana Figueroa  
 Responsable de Ensayos

  
 Ing. Fabian Alvarado  
 Responsable de Área



  
 Ing. Guillermo Rosales M.Sc.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ÁREA DE PAVIMENTOS  
INFORME DE ENSAYO

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**PENETRACION DE MATERIALES BITUMINOSOS**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D5/D6 M-13 CONTRATISTA: —  
PROCEDIMIENTO: LMC/MPT-5.4-AP-2 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-06  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 10 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura de ensayo (°C)	25.0
Carga (g)	100.01
Tiempo de carga (s)	5

**Valores de penetración en la muestra:**

Punto	1	2	3	Promedio
Penetración (0.1 mm)	78	75	75	76

**Información de la muestra:**

Número de muestra	1
Norma de muestreo	N/D
Fecha de muestreo	N/D
Origen del producto	N/D
Lugar de muestreo	N/D
Identificación del camión	N/D

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Carlos Molano Figueroa  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alcar  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Rabipe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Voluntad y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**DETERMINACIÓN DE VISCOSIDAD DE ASFALTOS POR VISCOSÍMETRO CAPILAR AL VACÍO**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARG. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2171/D2171M - 10 **CONTRATISTA:** —  
**PROCEDIMIENTO:** LMC-MPT-5.4-AP-6 **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3848 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 5 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3848-1
Temperatura de ensayo (°C)	60.01
Número del viscosímetro	100
Serie del viscosímetro	L801

	Bulbo B	Bulbo C	Bulbo D	Bulbo E	Bulbo F
Constante del viscosímetro (Pa.s):	3.177	1.608	1.071	0.7987	0.6335
Tiempo de flujo (s):	59.9	117.9	-----	-----	-----
Viscosidad (Pa.s):	190.386	189.631			

**Resultado del ensayo:**

Viscosidad (Pa.s)	189.631
-------------------	---------

**Especificación del producto:**

NTE INEN 2515:2014, Tabla 7, Grado AC-20	mínimo	160	Pa.s
	máximo	240	Pa.s

**Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:**

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

**Información de la muestra:**

Número de muestra	1
Norma de muestreo	ND
Fecha de muestreo	ND
Origen del producto	ND
Lugar de muestreo	ND
Identificación del camión	ND

**OBSERVACIONES:** MUESTRA ORIGINAL

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Carlos Maluma Figueroa  
 Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvarado  
 Responsable de Área



Ing. Guillermo Reelpe M.Sc.  
 Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**VISCOSIDAD DEL ASFALTO A ELEVADAS TEMPERATURAS USANDO UN VISCOSÍMETRO ROTATORIO**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARL ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D4402D4402M - 12 CONTRATISTA: —  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 1 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura de ensayo (°C)	135.00

**Configuración del ensayo:**

Viscosímetro	Brookfield DV-II + Pro
Geometría de ensayo	SC4-21, colgante
Velocidad de rotación (rpm)	100

**Resultados del ensayo:**

	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
Viscosidad (Pa.s)	0.344	0.344	0.344	<b>0.344</b>
Torque (%)	68.9	68.9	68.9	<b>68.9</b>

**Información de la muestra:**

Número de muestra	1
Norma de muestreo	N/D
Fecha de muestreo	N/D
Origen del producto	N/D
Lugar de muestreo	N/D
Identificación del camión	N/D

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Carlos Rodríguez Figueroa  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Añez  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventanilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**CÁLCULO DE VISCOSIDAD CINEMÁTICA DE ASFALTOS (BITÚMENES)**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO  
**NORMA DE REFERENCIA:**  
**PROCEDIMIENTO:**  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P  
**HOJA:** 2 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITA:** ARO. ROBERTO UCHUARI  
**FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**CONTRATISTA:** —  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura de ensayo (°C)	135.00

**Registros de la muestra:**

Viscosidad con viscosímetro rotatorio (ASTM D4402/D4402M) (cP)	344.0
Densidad relativa de la muestra a 25/25 °C	1.010
Viscosidad cinemática (mm <sup>2</sup> /s)	364.652

**Especificación del producto:**

NTE INEN 2515 2014, Tabla 7, Grado AC-20	minimo	300	mm <sup>2</sup> /s
--	--------	-----	--------------------

**Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:**

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

**Información de la muestra:**

Número de muestra	1
Norma de muestreo	N/D
Fecha de muestreo	N/D
Origen del producto	N/D
Lugar de muestreo	N/D
Identificación del camión	N/D

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Dña. Natalia Figueroa  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabián Alvear  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Rodaspe M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**DETERMINACIÓN DE VISCOSIDAD DE ASFALTOS POR VISCOSÍMETRO CAPILAR AL VACÍO**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2171/D2171M - 10 **CONTRATISTA:** —  
**PROCEDIMIENTO:** LMC-MPT-5.4-AP-5 **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3849 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 5 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3810 1
Temperatura de ensayo (°C)	60.00
Número del viscosímetro	200
Serie del viscosímetro	K596

	Bulbo B	Bulbo C	Bulbo D	Bulbo E	Bulbo F
Constante del viscosímetro (Pa.s)	11.95	6.167	4.142	3.136	2.497
Tiempo de flujo (s)	50.8	97.7	---	---	---
Viscosidad (Pa.s)	607.060	602.393			

**Resultado del ensayo:**

Viscosidad (Pa.s)	602.393
-------------------	---------

**Especificación del producto:**

NTE INEN 2515 2014, Tabla 7, Grado AC-20	máximo	800	Pa.s
--	--------	-----	------

**Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:**

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

**Información de la muestra:**

Número de muestra	1
Norma de muestreo	N/D
Fecha de muestreo	N/D
Origen del producto	N/D
Lugar de muestreo	N/D
Identificación del camión	N/D

**OBSERVACIONES:** Resulta RTFO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Carlos Malama Figueroa  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área



Ing. Guillermo Riquelme M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





# Pontificia Universidad Católica del Ecuador

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

## ÁREA DE PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

### DUCTILIDAD DE MATERIALES BITUMINOSOS

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D113 - 07 **CONTRATISTA:** -----  
**PROCEDIMIENTO:** LMC-NPT-5.4-AP-2 **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 11 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

#### Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	3840-1
Temperatura de ensayo (°C)	25.0
¿Se usa aditivo para densidad del agua?	NO
Número de réplicas	3

#### Valores de ductilidad en la muestra:

Molde	1	2	3	Promedio
Ductilidad (cm)	49	55	55	53
¿Ensayo normal?	SI	SI	SI	

#### Especificación del producto:

NTE INEN 2515:2014, Tabla 7, Grado AC-20	mínimo	50
--	--------	----

#### Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

#### Información de la muestra:

Número de muestra	1
Norma de muestreo	N/D
Fecha de muestreo	N/D
Origen del producto	N/D
Lugar de muestreo	N/D
Identificación del camión	N/D

**OBSERVACIONES:** RESEÑO DEL RTFO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
 Carlos Mollena Figueroa  
 Responsable de Ensayos

  
 Ing. Fabián Alvear  
 Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
ÁREA DE PAVIMENTOS  
INFORME DE ENSAYO  
HORNO DE PELÍCULA DELGADA RODANTE

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2872 - 12<sup>o</sup> CONTRATISTA: —  
PROCEDIMIENTO: LMC-MPT-5.4-AP-3 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 9 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 1
------------------------------	--------

**Determinación del cambio de masa:**

Botella	1	2
Masa de botella + asfalto antes (g)	205.321	203.516
Masa de botella + asfalto después (g)	204.652	203.301
Cambio de masa (%)	-0.311	-0.155
Cambio de masa promedio (%)	-0.233	

**Especificación del producto:**

NTE INEN 2515:2014, Tabla 7, Grado AC-20	máximo	1.000	%
--	--------	-------	---

**Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:**

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

**Información de la muestra:**

Número de muestra	1
Norma de muestreo	ND
Fecha de muestreo	ND
Origen del producto	ND
Lugar de muestreo	ND
Identificación del camión	ND

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Carlos Malama Figueroa  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Reque M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**  
**ÍNDICE DE PENETRACIÓN**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARO. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D3381/D3381M - 12 **CONTRATISTA:** ———  
**PROCEDIMIENTO:** **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-05-02  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 7 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840-1
Penetración a 25°C, 100g, 5s	76
Punto de ablandamiento, °C	47.05
Índice de penetración	-1.0

**Especificación del producto:**

NTE INEN 2515:2014, Tabla 7, Grado AC-20	Mínimo	-1.5	Máximo	1.0
--	--------	------	--------	-----

**Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:**

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

**Información de la muestra:**

Número de muestra	1
Norma de muestreo	N/D
Fecha de muestreo	N/D
Origen del producto	N/D
Lugar de muestreo	N/D
Identificación del camión	N/D

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Carlos Mallama Figueroa  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabián Alvear  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**PUNTO DE ABLANDAMIENTO DE BITUMEN (APARATO DE ANILLO Y BOLA)**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D36/D36M - 12 CONTRATISTA: —  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3848 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 3 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	3840-1
Líquido usado en el baño	agua

Registros de la muestra:	Anillo 1	Anillo 2	Promedio
Punto de ablandamiento, °C	47.20	48.90	47.05

**OBSERVACIONES:**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
María Figuera  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabien Ajeer  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**CURVAS MARSHALL “MINA LA FLORIDA”**

MARK SELECTION  
D/D

5K / 10K

4.5K / 9K

4K / 8K

3.5K / 7K

3K / 6K

K. Lbf

2K / 4K

1.5K / 3K

1K / 2K

.5K / 1K

H-1322 CP



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción  
Proyecto Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito

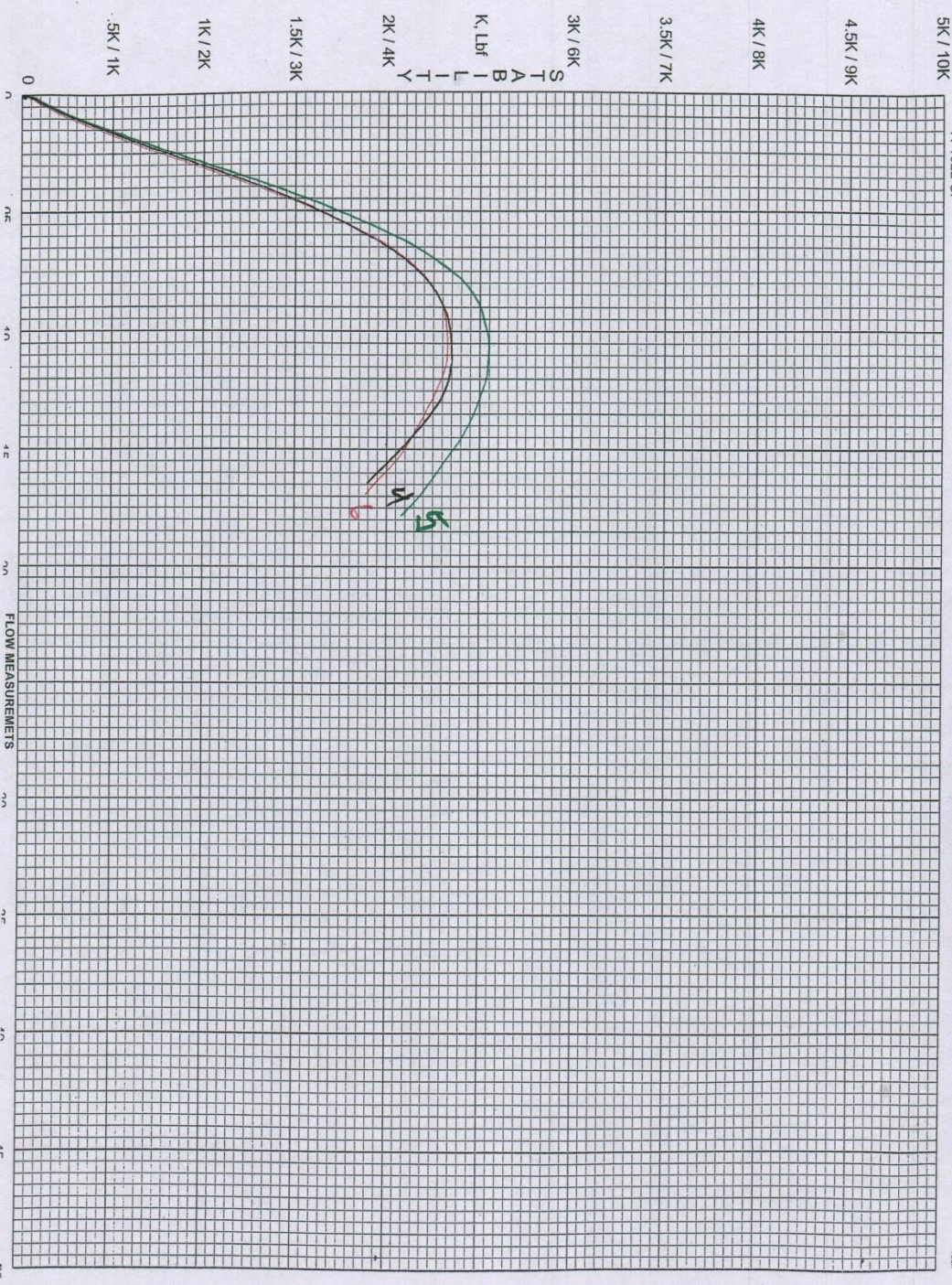


MARK SELECTION  /

H-1322 CP



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción  
Proyecto Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito

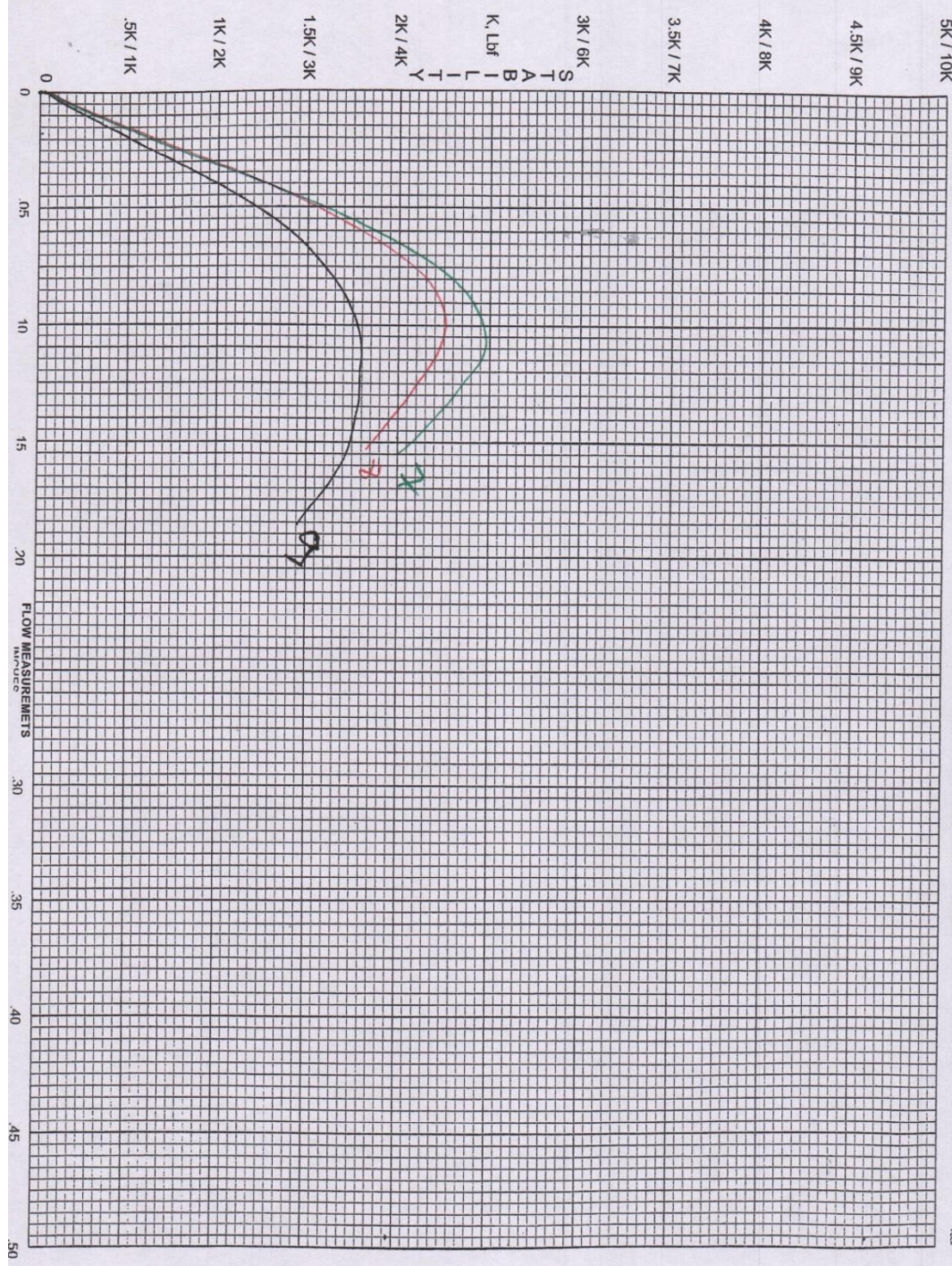


MARK SELECTION  
 D/

H-1322 CP



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Estudios de Construcción  
Proyecto Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito

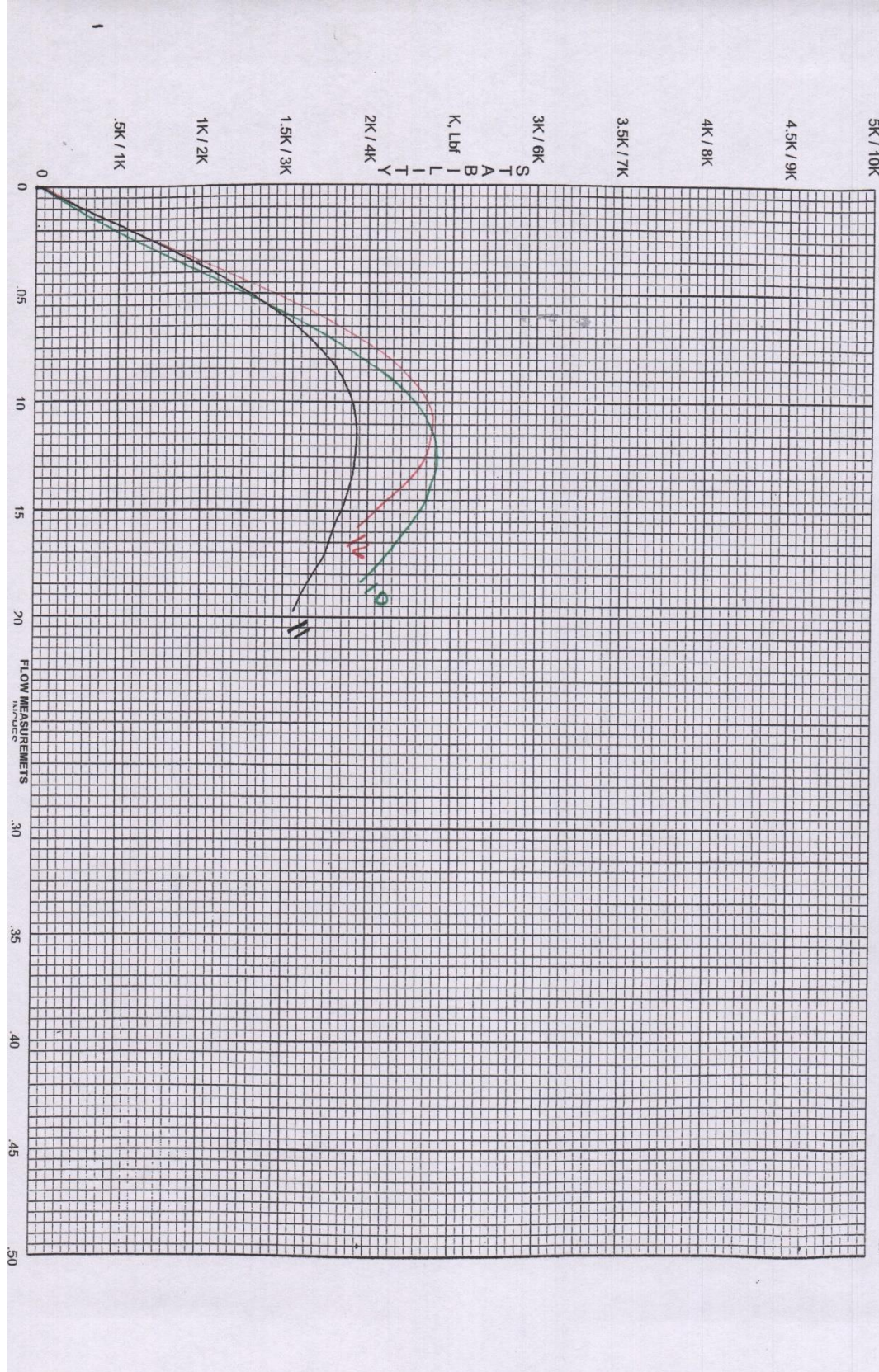


MARK SELECTION  
 I /  II

H-1322 CP



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
 Laboratorio de Materiales de Construcción  
 Proyecto Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito

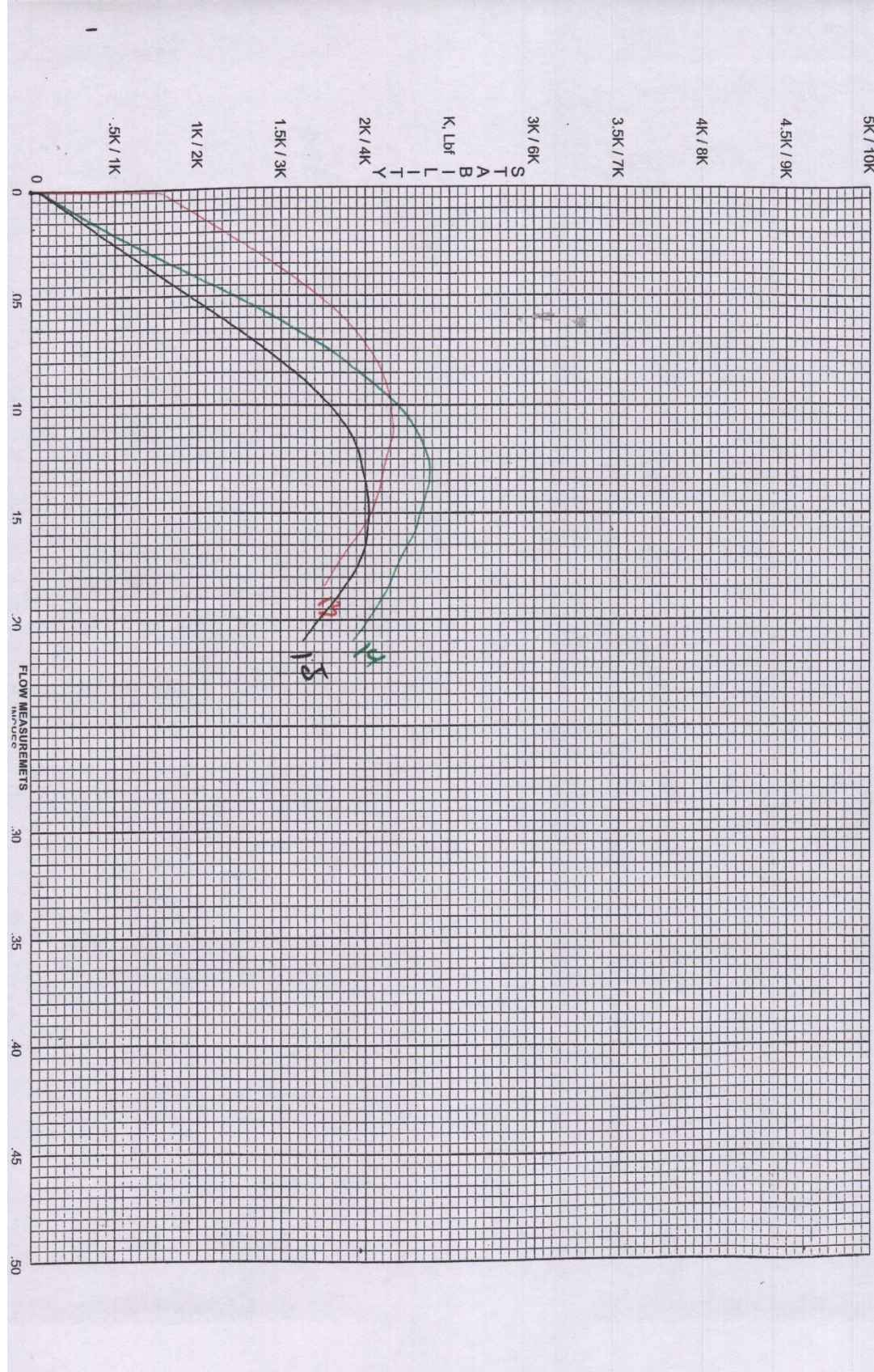


MARK SELECTION  
 D/

H-1322 CP



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción  
Proyecto Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito



**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS  
BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORVENTES  
“MINA LA FLORIDA”**



ÁREA DE PAVIMENTOS  
INFORME DE ENSAYO

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARO. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: -----  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3640 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 12 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	1
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.81
Diámetro promedio, mm	101.56

Resultados del ensayo:

Masa seca en aire (A), g	1145.76
Masa en agua (C), g	666.09
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1147.40
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.381
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2373
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.34

OBSERVACIONES: MINA LA FLORIDA

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Malama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Rojas M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13 **CONTRATISTA:** ———  
**PROCEDIMIENTO:** **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 13 de 35  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	2
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.46
Diámetro promedio, mm	101.48

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1141.89
Masa en agua (C), g	661.91
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1143.51
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.371
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2364
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.34

**OBSERVACIONES:** MINA LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabián Alvear  
Responsable de Área

  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13  
**PROCEDIMIENTO:**  
**RECEPCIÓN N°:** 3846 P  
**HOJA:** 14 de 05  
**MUESTRA:** Tomado por el cliente

**SOLICITA:** ARG. ROBERTO UCHUARI  
**FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**CONTRATISTA:** ———  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.26
Diámetro promedio, mm	101.59

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1139.48
Masa en agua (C), g	662.63
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1141.46
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.380
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2373
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.41

**OBSERVACIONES:** MINA LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mellama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabián Alvear  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y A.V. 12 de Octubre  
Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: -----  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 15 de 65  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	4
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.45
Diámetro promedio, mm	101.66

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1145.82
Masa en agua (C), g	664.43
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1147.42
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.372
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2365
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.33

**OBSERVACIONES:** NINA LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvar  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2725/D2726M - 13 CONTRATISTA: ———  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 16 de 85  
MUESTRA: Tonada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	5
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.30
Diámetro promedio, mm	101.55

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1147.73
Masa en agua (C), g	969.53
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1149.22
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.393
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2385
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.31

**OBSERVACIONES:** MINA LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvar  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARO. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 17 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	6
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.85
Diámetro promedio, mm	101.34

Resultados del ensayo:

Masa seca en aire (A), g	1146.63
Masa en agua (C), g	967.80
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1150.25
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.381
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2374
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.34

OBSERVACIONES: MNA LA FLORIDA

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Mellama  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvar  
Responsable de Área



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





## ÁREA DE PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

### GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARO. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2728/D2726M - 13 CONTRATISTA: ———  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3846 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 18 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

#### Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	7
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.13
Diámetro promedio, mm	101.43

#### Resultados del ensayo:

Masa seca en aire (A), g	1149.30
Masa en agua (C), g	671.91
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1150.80
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.409
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2393
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.31

OBSERVACIONES: MINA LA FLORIDA

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Malama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Añez  
Responsable de Área





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARO. ROBERTO LICHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3848 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 19 de 65  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	8
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.67
Díámetro promedio, mm	101.59

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1146.91
Masa en agua (C), g	668.96
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1150.50
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.369
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2379
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.33

OBSERVACIONES: MINA LA FLORIDA

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Malena  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabien Aljé  
Responsable de Área





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARO. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: —  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3848 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 20 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	9
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	82.14
Diámetro promedio, mm	101.63

Resultados del ensayo:

Masa seca en aire (A), g	1155.88
Masa en agua (C), g	686.05
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1157.40
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.352
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2348
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.31

OBSERVACIONES: MINA LA FLORIDA

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Mellama  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabien Alveer  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARO. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: —  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-09  
RECEPCIÓN N°: 3849 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 21 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	10
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.63
Diámetro promedio, mm	101.56

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1152.07
Masa en agua (C), g	672.78
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1153.61
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.396
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2389
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.32

OBSERVACIONES: MISA LA FLORIDA

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Melama  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabien Añeier  
Responsable de Área



Ing. Guillermo Reaño M.Sc.  
Director LMC





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARO. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13 **CONTRATISTA:** ———  
**PROCEDIMIENTO:** **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3848 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 22 de 89  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	11
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	61.40
Diámetro promedio, mm	101.57

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1146.83
Masa en agua (C), g	662.83
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1148.57
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.361
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2354
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.34

**OBSERVACIONES:** MINA LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvear  
Responsable de Área

  
  
Ing. Guillermo Restrepo M.Sc.  
Director LMC





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARO. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2720/D2720M - 13 CONTRATISTA: -----  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 23 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	12
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.40
Diámetro promedio, mm	101.52

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1150.24
Masa en agua (C), g	671.30
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1151.77
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.384
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2387
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.32

**OBSERVACIONES:** MIN LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Afear  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARO, ROBERTO UCHIARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YANEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: -----  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 24 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	13
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.36
Diámetro promedio, mm	101.65

Resultados del ensayo:

Masa seca en aire (A), g	1148.92
Masa en agua (C), g	668.84
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1150.43
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.385
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2378
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.31

OBSERVACIONES: MIN LA FLORIDA

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Rosape M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARG. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YANEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 25 de 66  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	14
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.65
Diámetro promedio, mm	101.56

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1155.17
Masa en agua (C), g	672.96
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1156.67
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.388
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2381
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.31

**OBSERVACIONES:** MINA LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Malama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Almar  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 26 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	15
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	59.97
Diámetro promedio, mm	101.52

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1148.72
Masa en agua (C), g	671.70
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1150.15
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.401
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2394
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.30

OBSERVACIONES: MNA LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvar  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Roscoe M.Sc.  
Director LMC



**GRAVEDAD ESPECÍFICA MAXIMA TEORICA  
“MINA LA FLORIDA”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Tel: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
 LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
 NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2041/D2041M - 11 CONTRATISTA: —  
 PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
 RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
 HOJA: 42 de 85  
 MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 1-2
Tipo de mezcla	ND
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire (A), g	2285.0
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8781.1
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
---	--

Gravedad específica máxima teórica (Gmm)	2.493
--	-------

OBSERVACIONES: MINA LA FLORIDA

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Matamoros Figueroa  
 Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvear  
 Responsable de Área



Sr. Guillermo Resque M.Sc.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telef.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2041/D2041M - 11  
**PROCEDIMIENTO:**  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P  
**HOJA:** 43 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITA:** ARO. ROBERTO UCHUARI  
**FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 4-5
Tipo de mezcla	N/D
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire (A), g	2290.3
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8775.6
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
---	--

Gravedad específica máxima teórica (Gmm)	2.470
--	-------

**OBSERVACIONES:** MNA LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Mallama Figueroa  
 Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvaar  
 Responsable de Área



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





# Pontificia Universidad Católica del Ecuador

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ÁREA DE PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

## GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2041/D2041M - 11 **CONTRATISTA:** -----  
**PROCEDIMIENTO:** FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 44 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

### Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	3840 7-8
Tipo de mezcla	ND
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

### Registros de la muestra:

Masa de muestra seca en aire (A), g	2292.1
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8770.6
Procedimiento suplementario	NO

### Registros del procedimiento suplementario:

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
---	--

Gravedad específica máxima teórica (G <sub>mm</sub> )	2.454
---	-------

**OBSERVACIONES:** MIN LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
 Sr. Carlos Milama Figueroa  
 Responsable de Ensayos

  
 Ing. Fabian Alvar  
 Responsable de Área



  
 Ing. Guillermo Rosales M.Sc.  
 Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telef.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2041/D2041M - 11 **CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**PROCEDIMIENTO:** \_\_\_\_\_ **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 45 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 10-12
Tipo de mezclas	ND
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire (A), g	2295.9
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8767.3
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
---	--

Gravedad específica máxima teórica (Gmm)	2.440
--	-------

**OBSERVACIONES:** MVA LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Mallama Figueroa  
 Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvarez  
 Responsable de Área



Ing. Guillermo Reaño M.Sc.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARO. ROBERTO UCHUARI  
 LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
 NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2041/D2041M - 11 CONTRATISTA: ———  
 PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
 RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
 HOJA: 46 de 85  
 MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 14-15
Tipo de muestra	ND
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire (A), g	2307.6
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8769.1
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
---	--

Gravedad específica máxima teórica (Gmm)	2.426
--	-------

**OBSERVACIONES:** SIN LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Molano Figueroa  
 Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvear  
 Responsable de Área



Ing. Guillermo Reque M.Sc.  
 Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS  
BITUMINOSAS “MINA LA FLORIDA”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARG. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D6927 -06 **CONTRATISTA:** ———  
**PROCEDIMIENTO:** — **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 52 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	1	2	3
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-20	AC-20
Contenido de ligante, % total mezcla	4.5	4.5	4.5

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	1	2	3
Gravedad específica Bulk	2.381	2.371	2.380
Gravedad específica Bulk promedio	2.377		
Altura promedio, mm	60.81	60.46	60.26
Factor de corrección	1.10	1.11	1.11
Estabilidad medida, lbf	2500	2250	2000
Estabilidad corregida, lbf	2738	2492	2229
Estabilidad promedio, lbf	2486		
Flujo, 0.01 in	12.5	13.5	11.3
Flujo promedio, 0.01 in	12		
Método para determinar flujo	tangente paralela	tangente paralela	tangente paralela
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0

**OBSERVACIONES:** LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Rodalpe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARO. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D6927 -06 **CONTRATISTA:** —  
**PROCEDIMIENTO:** — **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 53 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	4	5	6
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-20	AC-20
Contenido de ligante, % total mezcla	5	5	5

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	4	5	6
Gravedad específica Bulk	2.372	2.383	2.381
Gravedad específica Bulk promedio		2.382	
Altura promedio, mm	60.45	60.30	60.85
Factor de corrección	1.11	1.11	1.09
Estabilidad medida, lbf	2450	2475	2600
Estabilidad corregida, lbf	2714	2756	2736
Estabilidad promedio, lbf		2736	
Flujo, 0.01 in	10.5	10.25	9.5
Flujo promedio, 0.01 in		10	
Método para determinar flujo	pico	pico	pico
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0

**OBSERVACIONES:** LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mellama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Añez  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Restrepo M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARO. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D6927 -06 **CONTRATISTA:** —  
**PROCEDIMIENTO:** — **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 04 de 05  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	7	8	9
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-20	AC-20
Contenido de ligante, % total mezcla	5.5	5.5	5.5

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	7	8	9
Gravedad específica Bulk	2.400	2.386	2.352
Gravedad específica Bulk promedio		2.379	
Altura promedio, mm	60.13	60.87	60.14
Factor de corrección	1.12	1.09	1.12
Estabilidad medida, lbf	2500	2250	1800
Estabilidad corregida, lbf	2797	2460	2013
Estabilidad promedio, lbf		2424	
Flujo, 0.01 in	10.75	10.00	11.00
Flujo promedio, 0.01 in		11	
Método para determinar flujo	pico	pico	pico
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0

**OBSERVACIONES:** LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Aheár  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Rosalpe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 098 70 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARL ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D6927 -06 **CONTRATISTA:** ———  
**PROCEDIMIENTO:** — **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3848 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 55 de 65  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	10	11	12
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-20	AC-20
Contenido de ligante, % total mezcla	6	6	6

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	10	11	12
Gravedad específica Bulk	2.396	2.361	2.394
Gravedad específica Bulk promedio	2.384		
Altura promedio, mm	60.63	61.40	60.40
Factor de corrección	1.10	1.08	1.11
Estabilidad medida, lbf	2400	1950	2400
Estabilidad corregida, lbf	2644	2097	2663
Estabilidad promedio, lbf	2468		
Flujo, 0.01 in	12.5	11.50	10.50
Flujo promedio, 0.01 in	12		
Método para determinar flujo	pico	pico	pico
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0

**OBSERVACIONES:** LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área



Ing. Guillermo Respaldo M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 + Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D6927 -06 **CONTRATISTA:** ———  
**PROCEDIMIENTO:** — **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3849 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 56 de 65  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	13	14	15
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-20	AC-20
Contenido de ligante, % total mezcla	6.5	6.5	6.5

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	13	14	15
Gravedad específica Bulk	2.385	2.386	2.401
Gravedad específica Bulk promedio		2.391	
Altura promedio, mm	60.36	60.65	59.97
Factor de corrección	1.11	1.10	1.12
Estabilidad medida, lbf	2150	2400	2050
Estabilidad corregida, lbf	2368	2642	2305
Estabilidad promedio, lbf		2445	
Flujo, 0.01 in	14.5	13.00	15.00
Flujo promedio, 0.01 in		14	
Método para determinar flujo	pico	pico	pico
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0

**OBSERVACIONES:** LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**CURVAS MARSHALL “MINA JAMBELI”**

MARK SELECTION  
□/□

H-1322 CP



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción  
Proyecto Nuevo Campus Internacional de Quito

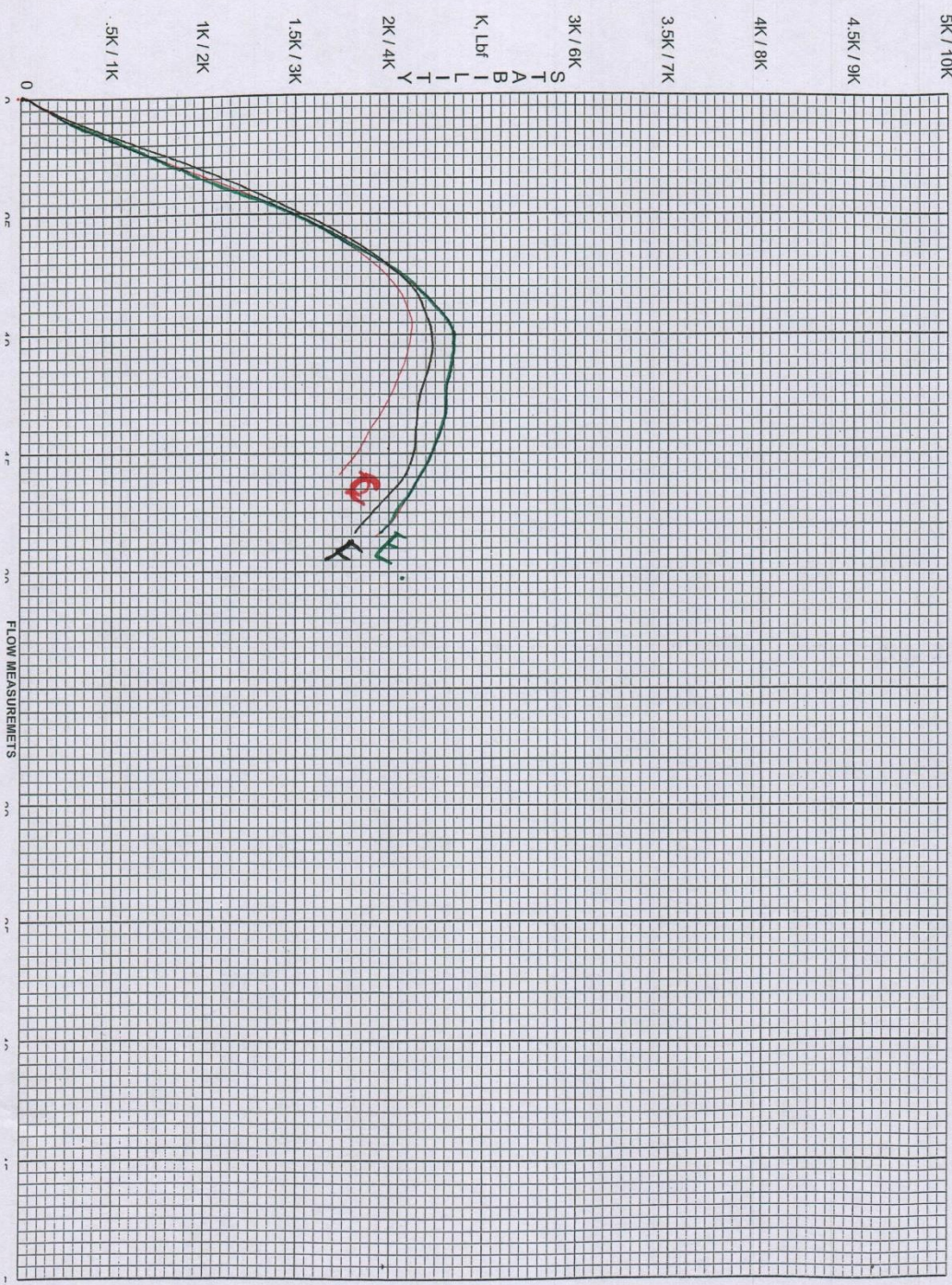


MARK SELECTION  
 /

H-1322 CP



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción  
Proyecto Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito

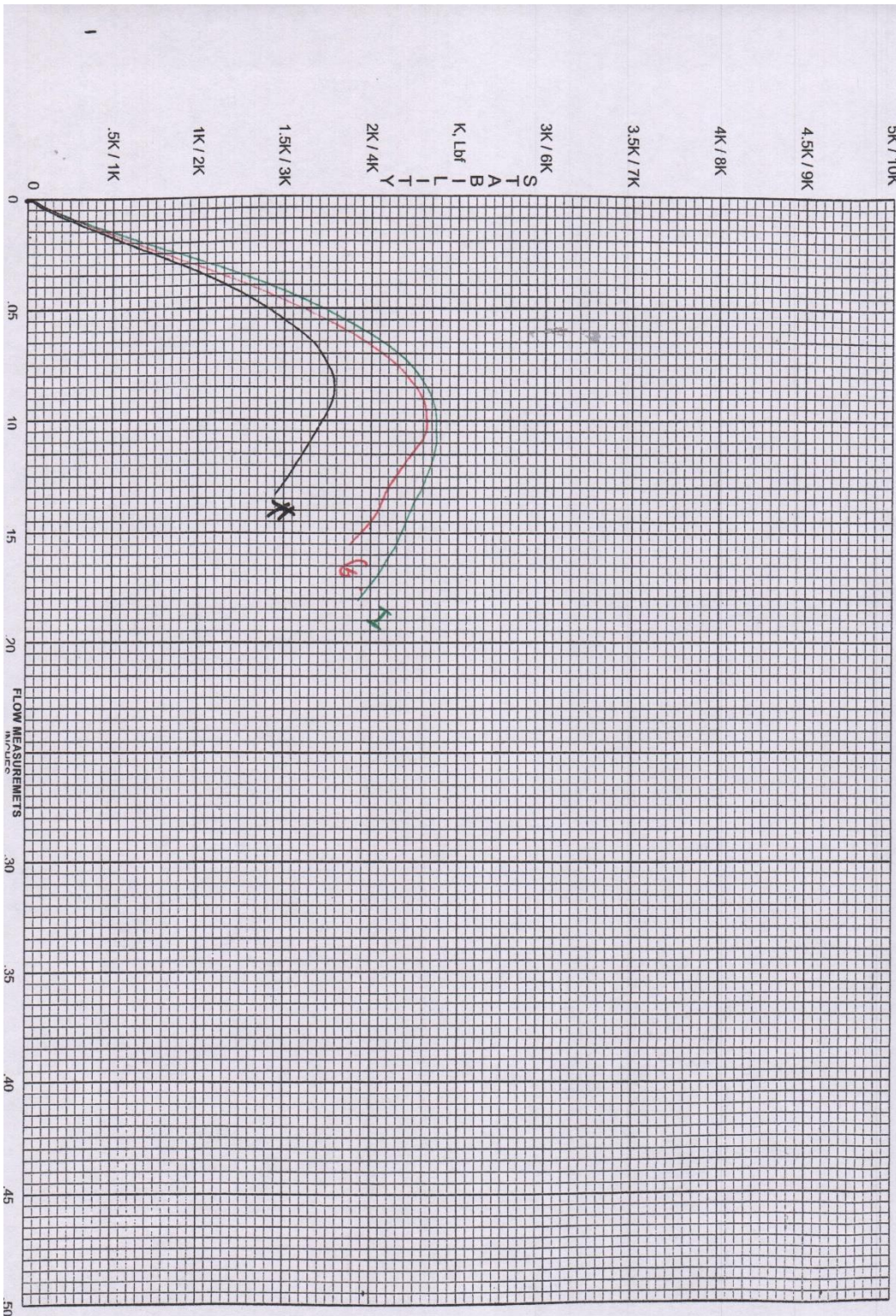


MARK SELECTION  
 /

H-1322 CP



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Construcción  
Proyecto Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito

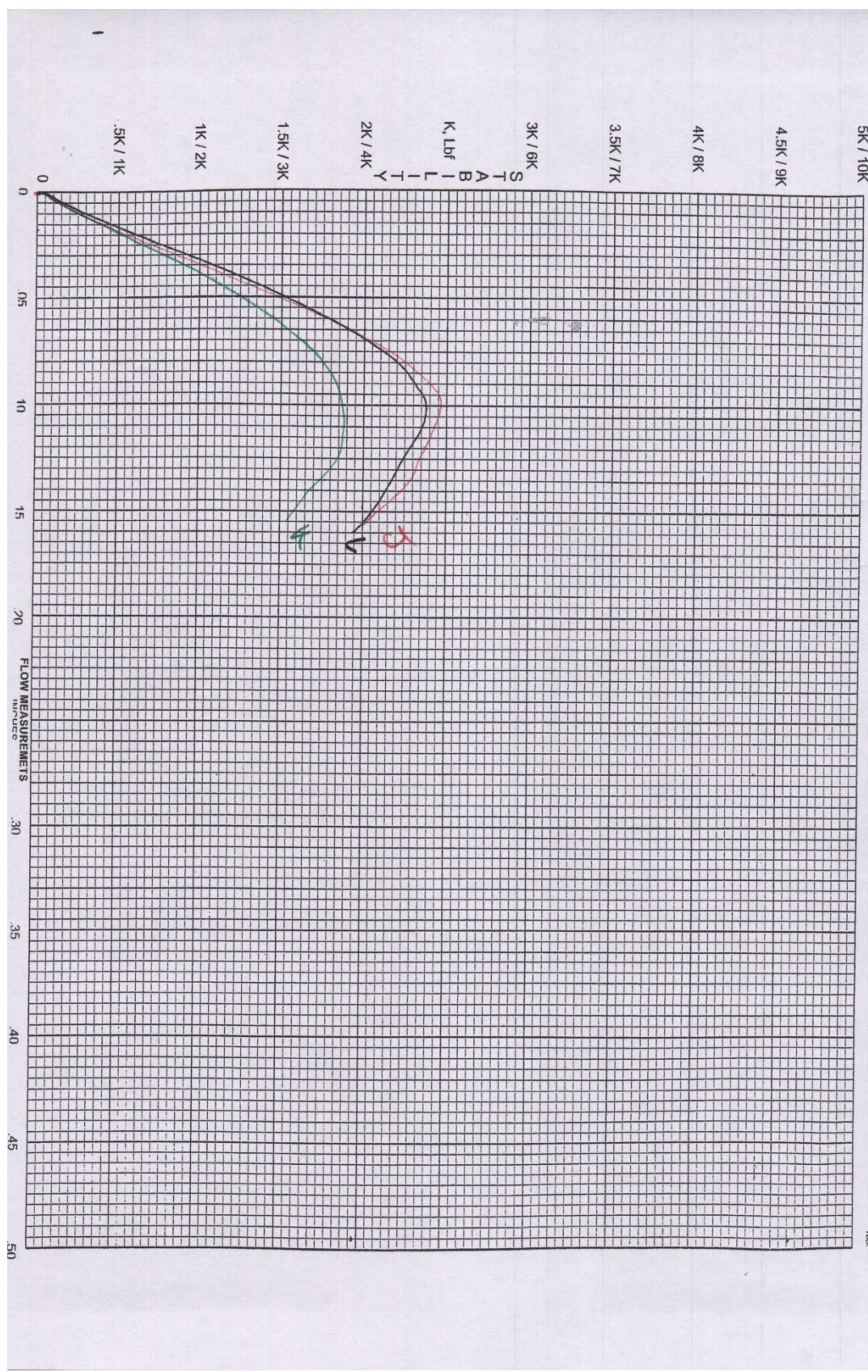


MARK SELECTION  
 /

H-1322 CP



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
 Laboratorio de Materiales de Construcción  
 Proyecto Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito

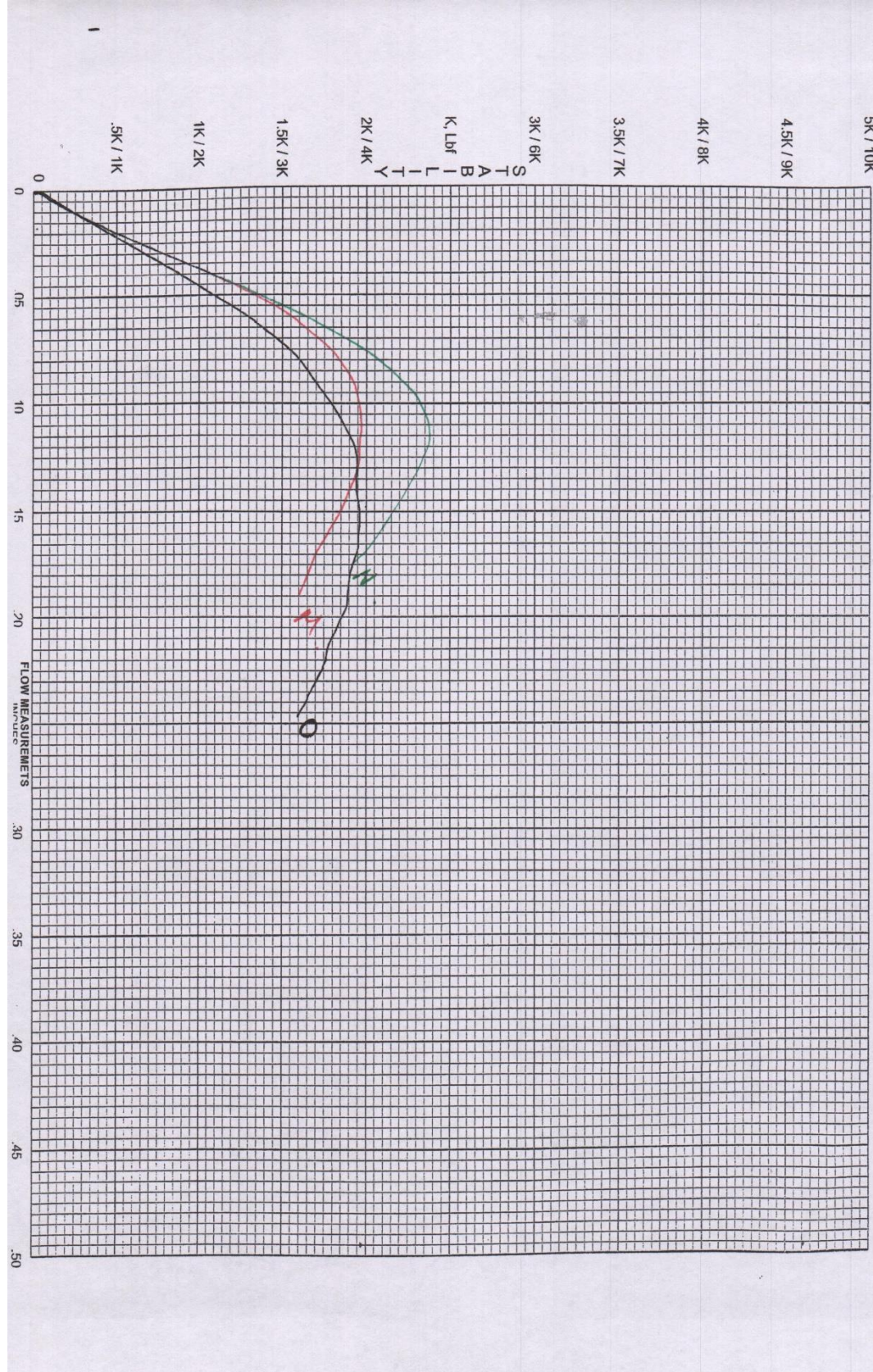


MARK SELECTION  
 /

H-1322 CP



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción  
Proyecto Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito



**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS  
BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORVENTES  
“MINA JAMBELI”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13 **CONTRATISTA:** —  
**PROCEDIMIENTO:** **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 41 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	O
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	59.87
Diámetro promedio, mm	101.35

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1138.65
Masa en agua (C), g	665.85
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1140.11
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.401
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2394
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.31

**OBSERVACIONES:** MNA JAMELI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvear  
Responsable de Área



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: -----  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-06  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 40 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	N
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	ND
Altura promedio, mm	60.63
Diámetro promedio, mm	101.56

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1152.48
Masa en agua (C), g	673.12
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1154.00
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.397
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2389
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.32

**OBSERVACIONES:** MINA JAMBELI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallena  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabián Álvarez  
Responsable de Área

  
Guillermo Rosales M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

<b>PROYECTO:</b>	TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL	<b>SOLICITA:</b> ARQ. ROBERTO UCHUARI
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	QUITO	<b>FISCALIZACIÓN:</b> ING. GUSTAVO YÁNEZ
<b>NORMA DE REFERENCIA:</b>	ASTM D2726/D2726M - 13	<b>CONTRATISTA:</b> -----
<b>PROCEDIMIENTO:</b>		<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b> 2016-02-06
<b>RECEPCIÓN N°</b>	3640 P	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b> 2016-07-01
<b>HOJA:</b>	36 de 85	
<b>MUESTRA:</b>	tomada por el cliente	

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	M
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.09
Diámetro promedio, mm	101.60

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1157.56
Masa en agua (C), g	669.03
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1153.20
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.378
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2371
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.34

**OBSERVACIONES:** N/A JAMESU

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallarino  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabián Alvear  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: -----  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2018-02-06  
RECEPCIÓN N°: 3640 P FECHA DE EMISIÓN: 2018-07-01  
HOJA: 38 de 66  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	L
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.43
Diámetro promedio, mm	101.65

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1153.44
Masa en agua (C), g	670.79
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1155.06
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.382
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2375
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.33

OBSERVACIONES: NENA JAMBOLI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Añor  
Responsable de Área

  
Guillermo Rosalpe M.Sc.  
Director LMC





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13 **CONTRATISTA:** -----  
**PROCEDIMIENTO:** **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3640 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 37 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	K
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.68
Diámetro promedio, mm	101.69

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1147.12
Masa en agua (C), g	668.29
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1148.72
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.388
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2381
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.33

**OBSERVACIONES:** MVA JAMBEU

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Malana  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvar  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3848 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 36 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	J
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.02
Diámetro promedio, mm	101.76

Resultados del ensayo:

Masa seca en aire (A), g	1152.23
Masa en agua (C), g	674.58
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1153.64
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.405
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2388
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.29

OBSERVACIONES: MINA JAMBELI

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Rosape M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13  
**PROCEDIMIENTO:**  
**RECEPCIÓN N°:** 3846 P  
**HOJA:** 35 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITA:** ARO. ROBERTO UCHUARI  
**FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**CONTRATISTA:** ———  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	1
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	56.75
Diámetro promedio, mm	101.71

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1117.00
Masa en agua (C), g	653.86
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1119.06
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.401
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2394
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.45

**OBSERVACIONES:** NNA JAMBUI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvear  
Responsable de Área



Sr. Guillermo Raspe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARO. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13 **CONTRATISTA:** ———  
**PROCEDIMIENTO:** **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 34 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	H
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.47
Díámetro promedio, mm	101.60

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1152.67
Masa en agua (C), g	673.66
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1154.40
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.396
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2391
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.36

**OBSERVACIONES:** MNA JAMBELI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Malano  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Aivar  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Restrepo M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13 **CONTRATISTA:** —  
**PROCEDIMIENTO:** **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 33 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**


Identificación de la muestra	G
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.03
Diámetro promedio, mm	101.65

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1143.44
Masa en agua (C), g	668.72
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1145.18
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.420
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2393
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.37

**OBSERVACIONES:** MIRA JAMBELI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvar  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3843 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 32 de 65  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	E
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.25
Diámetro promedio, mm	101.56

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1143.97
Masa en agua (C), g	667.36
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1145.84
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.391
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2384
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.39

OBSERVACIONES: MNA JIMBELI

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Malama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alcar  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Rosape M.Sc.  
Director LMC





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13 **CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**PROCEDIMIENTO:** \_\_\_\_\_ **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3640 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 31 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	E
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.59
Diámetro promedio, mm	101.56

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1138.33
Masa en agua (C), g	660.38
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1140.13
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.373
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2366
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.38

**OBSERVACIONES:** MNA JMBEIJ

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Maílata  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Avesar  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Restrepo M.Sc.  
Director LMC





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13  
**PROCEDIMIENTO:**  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P  
**HOJA:** 30 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YANEZ  
**CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	0
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	61.17
Diámetro promedio, mm	101.59

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1150.12
Masa en agua (C), g	609.11
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1152.31
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.380
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2373
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.45

**OBSERVACIONES:** MVA JMBELI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabián Alvear  
Responsable de Área





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: —  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3640 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 29 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	C
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	61.60
Diámetro promedio, mm	101.82

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1135.64
Masa en agua (C), g	667.00
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1137.69
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.363
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2355
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.43

**OBSERVACIONES:** MVA JIMBEU

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Melama  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alkier  
Responsable de Área



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13  
**PROCEDIMIENTO:**  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P  
**HOJA:** 28 de 45  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITA:** ARG. ROBERTO UCHUARI  
**FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	B
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	61.53
Diámetro promedio, mm	101.60

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1144.36
Masa en agua (C), g	669.48
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1146.58
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.349
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2342
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.46

**OBSERVACIONES:** MNA JMBEU

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvaar  
Responsable de Área

  
  
Ing. Guillermo Restrepo M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YANEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: ———  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3640 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 27 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	A
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.58
Diámetro promedio, mm	101.74

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1135.17
Masa en agua (C), g	859.27
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1137.43
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.374
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2367
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.47

OBSERVACIONES: MINA JAMBELI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Malena  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabien Avner  
Responsable de Área



Ing. Guillermo Respaldo M.Sc.  
Director LMC



**GRAVEDAD ESPECÍFICA MAXIMA TEORICA  
“MINA JAMBELI”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2041/D2041M - 11  
**PROCEDIMIENTO:**  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P  
**HOJA:** 51 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 N-D
Tipo de muestra	N/D
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire (A), g	2287.0
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8761.1
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

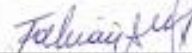
Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
<b>Gravedad específica máxima teórica (Gmm)</b>	<b>2.437</b>

**OBSERVACIONES:** MINA JAMBLI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.



Sr. Carlos Mallama Figueroa  
Responsable de Ensayos



Ing. Fabian Ayala  
Responsable de Área



Ing. Guillermo Resque M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



# Pontificia Universidad Católica del Ecuador

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ÁREA DE PAVIMENTOS

## INFORME DE ENSAYO

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

### GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2041/D2041M - 11  
**PROCEDIMIENTO:**  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P  
**HOJA:** 50 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01

#### Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	3840 L-J
Tipo de mezcla	N/D
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

#### Registros de la muestra:

Masa de muestra seca en aire (A), g	2293.8
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8768.7
Procedimiento suplementario	NO

#### Registros del procedimiento suplementario:

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
---	--

Gravedad específica máxima teórica (Gmm)	2.446
--	-------

**OBSERVACIONES:** MINA JAMBELI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Malena Figueroa  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvear  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Restrepo M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Tel: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
 LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YANEZ  
 NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2041/D2041M - 11 CONTRATISTA: -----  
 PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-06  
 RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
 HOJA: 49 de 85  
 MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 G-I
Tipo de mezcla	ND
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire (A), g	2260.4
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8756.8
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
---	--

Gravedad específica máxima teórica (Gmm)	2.467
--	-------

**OBSERVACIONES:** MNA JAMELI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Malama Figueroa  
 Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvez  
 Responsable de Área



Ing. Guillermo Respo M.Sc.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telef: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA, INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2041/D2041M - 11 **CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**PROCEDIMIENTO:** \_\_\_\_\_ **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 48 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 E-F
Tipo de mezcla	ND
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire (A), g	2283.1
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8774.4
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
---	--

Gravedad específica máxima teórica (Gmm)	2.478
--	-------

**OBSERVACIONES:** MINA JAMBELI

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
 Sr. Carlos Mallano Figueroa  
 Responsable de Ensayos

  
 Ing. Fabian Alvear  
 Responsable de Área



  
 Ing. Guillermo Resque M.Sc.  
 Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
 ÁREA DE PAVIMENTOS  
 INFORME DE ENSAYO

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
 LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YANEZ  
 NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2041/D2041M - 11 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_  
 PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
 RECEPCIÓN N°: 3640 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
 HOJA: 47 de 85  
 MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3640 A-B
Tipo de mezcla	N/D
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire (A), g	2272.7
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8775.3
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g

Gravedad específica máxima teórica (Gmm) **2.498**

OBSERVACIONES: MINA JARBEI

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Malena Figueroa  
 Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvarez  
 Responsable de Área



Ing. Guillermo Restrepo M.Sc.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS  
BITUMINOSAS “MINA JAMBELI”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D5827 -06 **CONTRATISTA:** ———  
**PROCEDIMIENTO:** — **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3848 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 57 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	A	B	C
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-20	AC-20
Contenido de ligante, % total mezcla	4.5	4.5	4.5

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	A	B	C
Gravedad específica Bulk	2.374	2.349	2.363
Gravedad específica Bulk promedio	2.362		
Altura promedio, mm	60.59	61.53	61.6
Factor de corrección	1.10	1.07	1.07
Estabilidad media, lbf	2300	2100	2000
Estabilidad corregida, lbf	2537	2250	2138
Estabilidad promedio, lbf	2306		
Flujo, 0.01 in	11.5	8.5	8
Flujo promedio, 0.01 in	8		
Método para determinar flujo	tangente paralela	pico	pico
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0

**OBSERVACIONES:** LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Ahear  
Responsable de Área



Ing. Guillermo Repp M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D6927 -06 **CONTRATISTA:** -----  
**PROCEDIMIENTO:** --- **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3849 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 58 de  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	D	E	F
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-20	AC-20
Contenido de ligante, % total mezcla	5	5	5

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	D	E	F
Gravedad específica Bulk	2.380	2.373	2.391
Gravedad específica Bulk promedio		2.381	
Altura promedio, mm	61.17	60.59	60.25
Factor de corrección	1.08	1.10	1.11
Estabilidad medida, lbf	1975	2550	2100
Estabilidad corregida, lbf	2139	2812	2341
Estabilidad promedio, lbf		2431	
Flujo, 0.01 in	9	10.5	9
Flujo promedio, 0.01 in		10	
Método para determinar flujo	pico	pico	pico
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0

**OBSERVACIONES:** LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvar  
Responsable de Área



Ing. Guillermo Restrepo M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D6927-06 **CONTRATISTA:** —  
**PROCEDIMIENTO:** — **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3640 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 55 de  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	G	H	I
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-20	AC-20
Contenido de ligante, % total mezcla	5.5	5.5	5.5

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	G	H	I
Gravedad específica Bulk	2.400	2.398	2.401
Gravedad específica Bulk promedio		2.400	
Altura promedio, mm	60.03	60.47	58.75
Factor de corrección	1.12	1.11	1.17
Estabilidad medida, lbf	2300	1800	2400
Estabilidad corregida, lbf	2582	1993	2806
Estabilidad promedio, lbf		2460	
Flujo, 0.01 in	10.0	8.5	10.0
Flujo promedio, 0.01 in		10	
Método para determinar flujo	pico	pico	pico
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0


**OBSERVACIONES:** LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Malama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Ajejar  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D5527 -06 **CONTRATISTA:** ———  
**PROCEDIMIENTO:** — **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3848 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 60 de  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**


Identificación de la muestra	J	K	L
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-20	AC-20
Contenido de ligante, % total mezcla	6	6	6

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	J	K	L
Gravedad específica Bulk	2.406	2.388	2.382
Gravedad específica Bulk promedio		2.392	
Altura promedio, mm	60.02	60.68	60.43
Factor de corrección	1.12	1.10	1.11
Estabilidad medida, lbf	2450	1900	2400
Estabilidad corregida, lbf	2751	1980	2650
Estabilidad promedio, lbf		2464	
Flujo, 0.01 in	10.0	10.0	10.0
Flujo promedio, 0.01 in		10	
Método para determinar flujo	pico	pico	pico
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0

**OBSERVACIONES:** LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvear  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Realde M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D6927 -06  
**PROCEDIMIENTO:** —  
**RECEPCIÓN N°:** 3849 P  
**HOJA:** 61 de  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**CONTRATISTA:** —  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	M	N	O
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-20	AC-20
Contenido de ligante, % total mezcla	6.5	6.5	6.5

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	M	N	O
Gravedad específica Bulk	2.378	2.397	2.401
Gravedad específica Bulk promedio		2.392	
Altura promedio, mm	60.09	60.63	59.87
Factor de corrección	1.12	1.10	1.13
Estabilidad medida, lbf	2000	2400	1950
Estabilidad corregida, lbf	2241	2644	2200
Estabilidad promedio, lbf		2351	
Flujo, 0.01 in	11	11.50	15.00
Flujo promedio, 0.01 in		13	
Método para determinar flujo	pico	pico	pico
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0

**OBSERVACIONES:** LA FLORIDA

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvar  
Responsable de Área



Mg. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



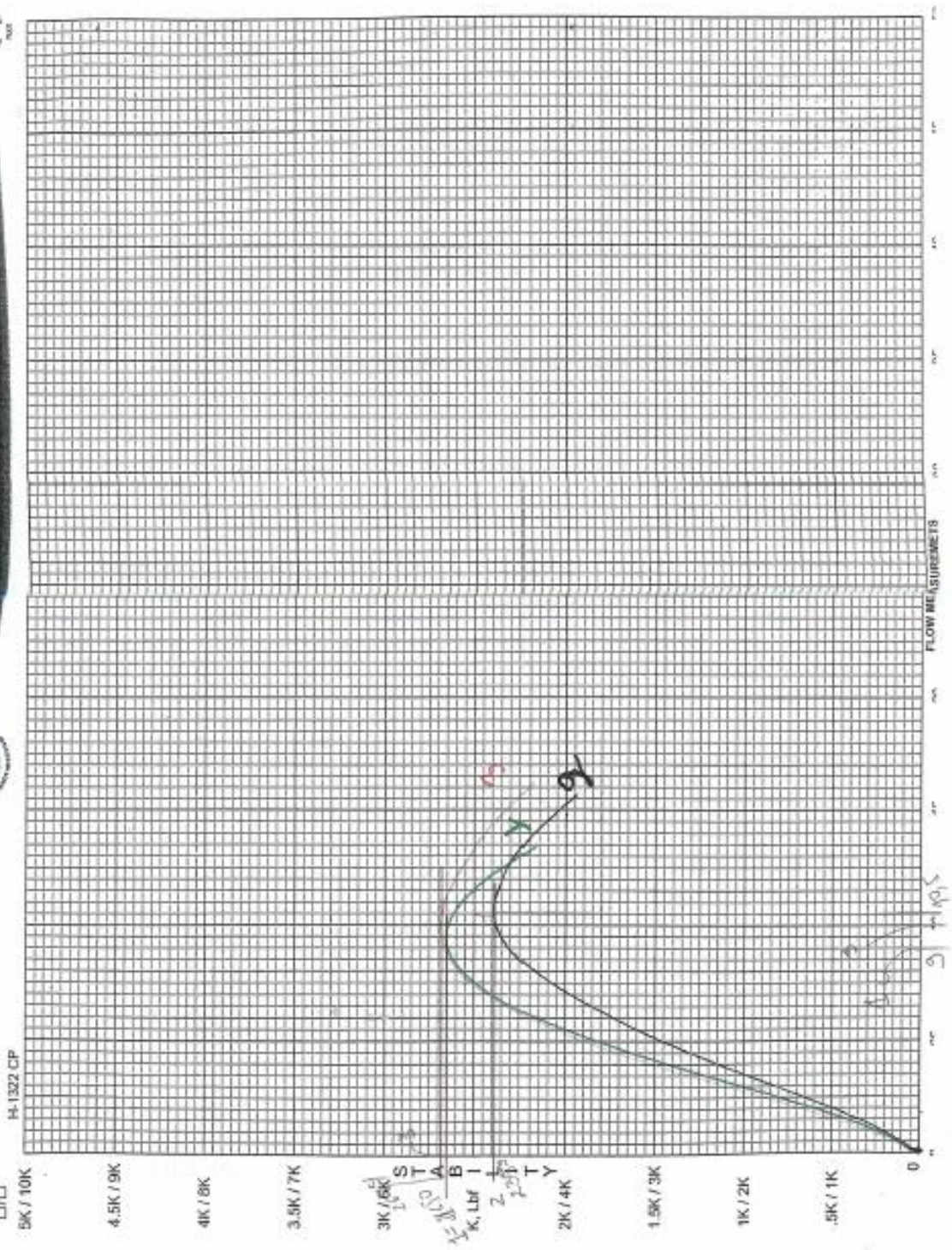
**CURVAS MARSHALL CON CONTENIDO ÓPTIMO DE  
ASFALTO “MINA LA FLORIDA”**



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción  
Proyecto Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito



MARK SELECTION  
 /



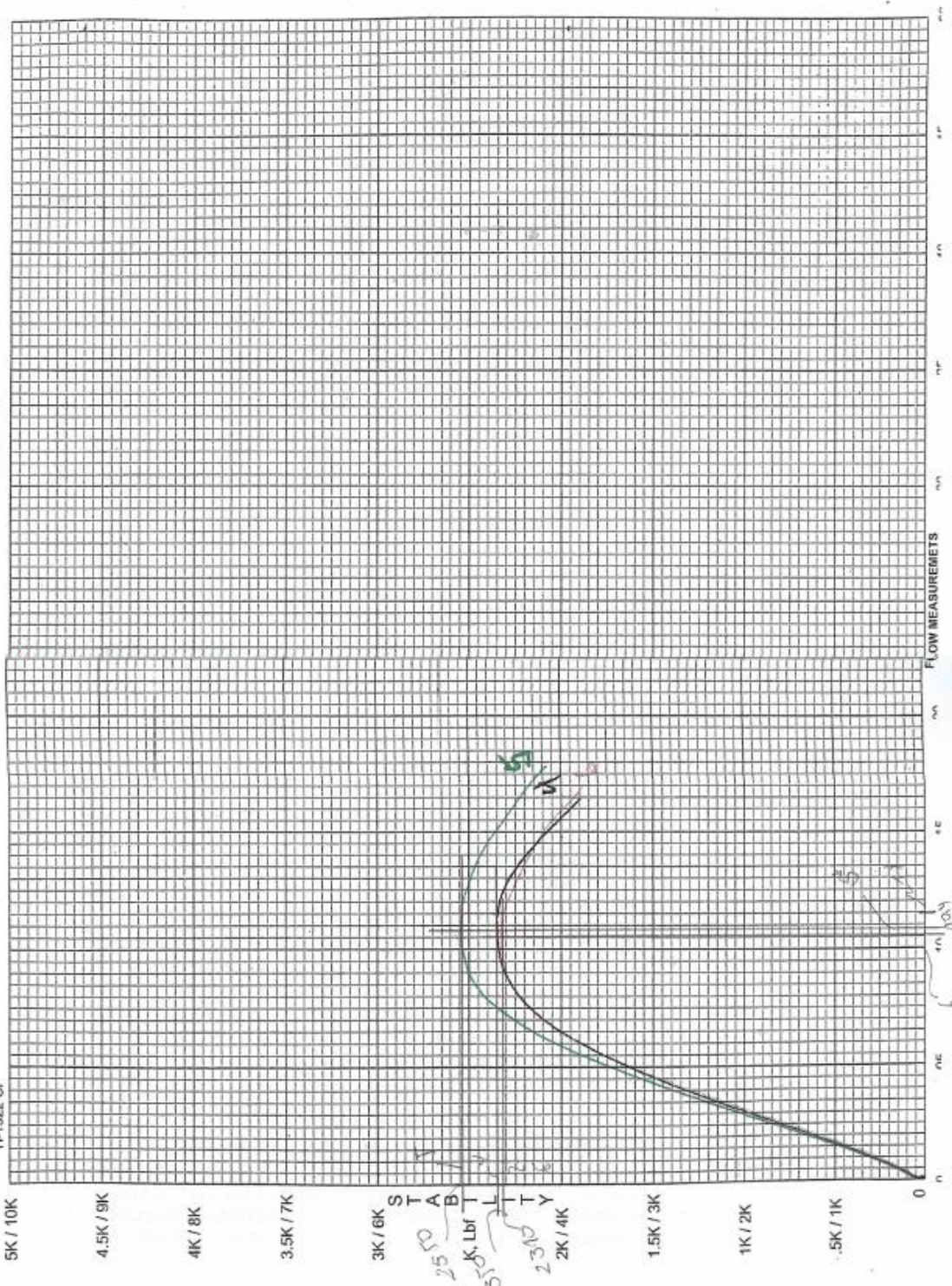


Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción  
Proyecto Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito



MARK SELECTION  
 /

H-1322 CP



**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS  
BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORVENTES CON  
CONTENIDO ÓPTIMO “MINA LA FLORIDA”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCB@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 62 de 65  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	1
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	59.79
Diámetro promedio, mm	101.72

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1153.94
Masa en agua (C), g	673.34
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1154.09
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.400
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2393
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.03

**OBSERVACIONES:** MINA LA FLOREDA CON EL OPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabián Añear  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Resque M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Vetozimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARO. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: ———  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-06  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 63 de 65  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	2
Temperatura del agua, °C	25,0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	59,75
Diámetro promedio, mm	102,26

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (F), g	1151,49
Masa en agua (C), g	669,98
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1151,86
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2,390
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2382
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0,08

**OBSERVACIONES:** MINA LA FLORIDA CON EL OPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área



Ing. Guillermo Rosales M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: ———  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3640 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 64 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	ND
Altura promedio, mm	60.46
Diámetro promedio, mm	101.59

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1154.69
Masa en agua (C), g	673.03
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1154.85
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.397
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2389
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.03

**OBSERVACIONES:** MINA LA FLORIDA CON EL OPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Malama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvear  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Raspe M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2720/D2726M - 13 CONTRATISTA: —  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3849 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 65 de 65  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	4
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.81
Díámetro promedio, mm	101.72

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1155.29
Masa en agua (C), g	670.25
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1155.45
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.381
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2374
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.03

**OBSERVACIONES:** MINA LA FLORIDA CON EL OPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvear  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





## ÁREA DE PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

### GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: ———  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3640 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 66 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

#### Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	5
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.43
Diámetro promedio, mm	101.79

#### Resultados del ensayo:

Masa seca en aire (A), g	1153.47
Masa en agua (C), g	671.31
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1153.60
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.392
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2384
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.03

OBSERVACIONES: MINA LA FLORIDA CON EL OPTIMO

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Rojas M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





ÁREA DE PAVIMENTOS  
INFORME DE ENSAYO

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: ———  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3640 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 67 de 65  
MUESTRA: Tomada por el cliente

Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	8
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	61.27
Diámetro promedio, mm	101.53

Resultados del ensayo:

Masa seca en aire (A), g	1152.06
Masa en agua (C), g	668.70
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1152.45
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.382
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2374
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.66

OBSERVACIONES: MVA LA FLORIDA CON EL OPTIMO

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvear  
Responsable de Área



**GRAVEDAD ESPECÍFICA MAXIMA TEORICA CON  
CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO “MINA LA FLORIDA”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2041/D2041M - 11 **CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**PROCEDIMIENTO:** \_\_\_\_\_ **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 78 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 1-2
Tipo de mezcla	N/D
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire (A), g	2305.4
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8780.5
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
---	--

<b>Gravedad específica máxima teórica (Gmm)</b>	<b>2.459</b>
---	--------------

**OBSERVACIONES:** MINA LA FLORIDA - CON EL ÓPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente

Sr. Carlos Melara Figueras  
 Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Alvarez  
 Responsable de Área



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2041/D2041M - 11  
**PROCEDIMIENTO:**  
**RECEPCIÓN N°** 3840 P  
**HOJA:** 81 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 7-8
Tipo de mezcla	ND
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire [A], g	2299.8
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C [D], g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C [E], g	8778.7
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca [A], g	
---	--

Gravedad específica máxima teórica (Gmm)	2.463
--	-------

**OBSERVACIONES:** MINA LA FLORES - CON EL OPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Sr. Carlos Malambo Figueras  
 Responsable de Ensayos

Ing. Fabian Ahebar  
 Responsable de Área



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS  
BITUMINOSAS CON CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO  
“MINA LA FLORIDA”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARG. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D6927 -06 CONTRATISTA: —  
PROCEDIMIENTO: — FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 82 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	1	2	3	4	5	6
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-21	AC-22	AC-23	AC-24	AC-25
Contenido de ligante, % total mezcla	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	1	2	3	4	5	6
Gravedad específica Bulk	2.400	2.390	2.397	2.381	2.392	2.382
Gravedad específica Bulk promedio	2.390					
Altura promedio, mm	59.79	59.75	60.46	60.81	60.43	61.27
Factor de corrección	1.13	1.13	1.11	1.10	1.11	1.08
Estabilidad medida, lbf	2400	2250	2600	2300	2500	2250
Estabilidad corregida, lbf	2714	2548	2879	2519	2771	2430
Estabilidad promedio, lbf	2644					
Flujo, 0.01 in	12	13	12.5	12.5	12.5	12.5
Flujo promedio, 0.01 in	12.5					
Método para determinar flujo	tangente paralela	tangente paralela	tangente paralela	tangente paralela	tangente paralela	tangente paralela
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0

**OBSERVACIONES:** LA FLORIDA CON EL OPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallana  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvear  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Rosaje M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**MODULO DE RIGIDEZ CON CONTENIDO ÓPTIMO DE  
ASFALTO “MINA LA FLORIDA”**

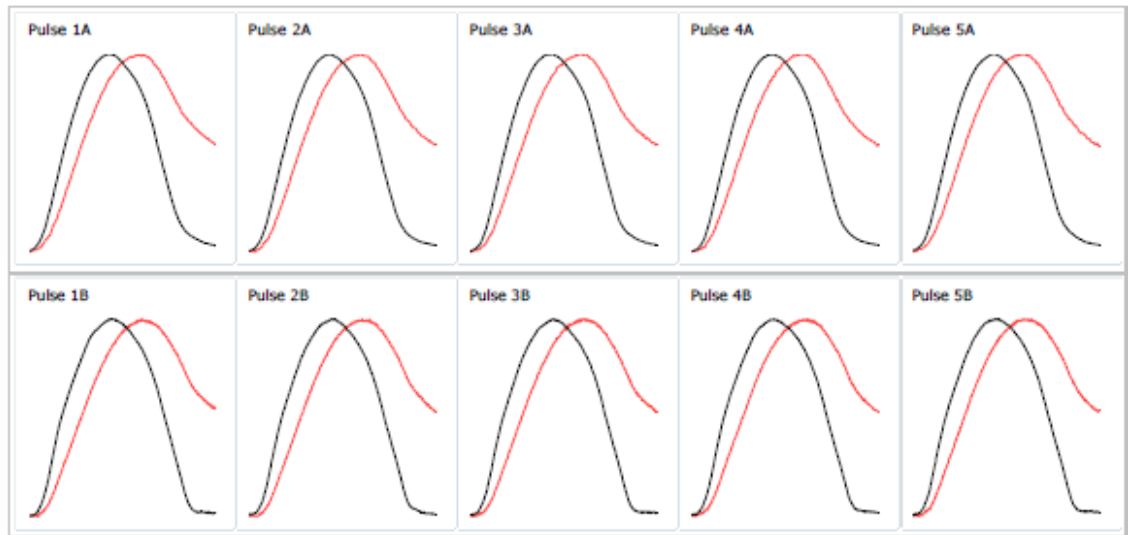
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C, April 2005**

Date of Test: vie, 29 de abr de 2016 @ 10:22  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: B1-FLORIDA 3  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°C)	20
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	0
Diameter (mm)	102
Thickness (mm)	60

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (µm)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	1.133	1.131	1.128	1.132	1.134	1.131	0.673	0.678	0.679	0.678	0.676	0.677	<b>0.904</b>
Horizontal Stress (kPa)	118.6	118.4	118.1	118.5	118.7	118.4	70.5	71.0	71.1	71.0	70.8	70.9	<b>94.6</b>
Load-Area Factor	0.59	0.59	0.59	0.58	0.60	0.59	0.73	0.73	0.74	0.73	0.74	0.73	<b>0.66</b>
Horizontal Deformation (µm)	5.53	5.53	5.53	5.53	5.53	5.53	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10	<b>5.32</b>
Load Rise Time (ms)	72	72	72	73	71	72	183	182	180	181	180	181	<b>127</b>
Measured Stiffness (MPa)	2232	2240	2233	2229	2239	2235	1544	1582	1607	1613	1628	1595	<b>1915</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	2222	2233	2223	2209	2238	2225	1636	1676	1705	1704	1727	1689	<b>1957</b>

Data File: B1-FLORIDA 3\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:  
 Bulk Density:  
 Poisson's Ratio:  
 Description of asphaltic material:  
 How it was mixed:  
 How it was compacted:  
 How bulk density was determined:  
 How the specimen was stored:

Signed: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_



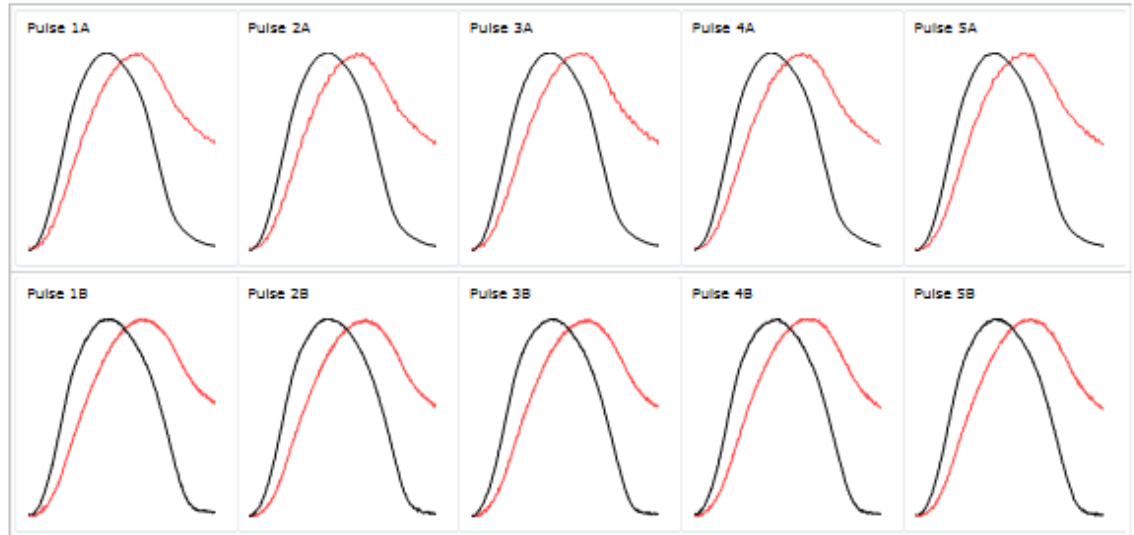
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C, April 2005**

Date of Test: Jun, 02 de may de 2016 @ 13:43  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: B2 FLORIDA 5  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°)	20
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	0
Diameter (mm)	102
Thickness (mm)	60

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (µm)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	0.807	0.804	0.802	0.804	0.807	0.805	0.396	0.395	0.395	0.400	0.396	0.396	<b>0.600</b>
Horizontal Stress (kPa)	84.0	83.8	83.6	83.8	84.0	83.8	41.3	41.2	41.2	41.6	41.3	41.3	<b>62.6</b>
Load-Area Factor	0.66	0.65	0.66	0.65	0.65	0.65	0.78	0.78	0.79	0.79	0.76	0.78	<b>0.72</b>
Horizontal Deformation (µm)	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49	<b>3.84</b>
Load Rise Time (ms)	73	76	73	74	74	74	184	186	185	182	192	186	<b>130</b>
Measured Stiffness (MPa)	2256	2274	2296	2287	2307	2284	1413	1427	1453	1486	1479	1452	<b>1868</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	2319	2331	2361	2345	2364	2344	1521	1537	1573	1612	1583	1565	<b>1955</b>

Data File: B2 FLORIDA 5\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:  
 Bulk Density:  
 Poisson's Ratio:  
 Description of asphaltic material:  
 How it was mixed:  
 How it was compacted:  
 How bulk density was determined:  
 How the specimen was stored:

Signed

[Signature box]

Date

[Date box]



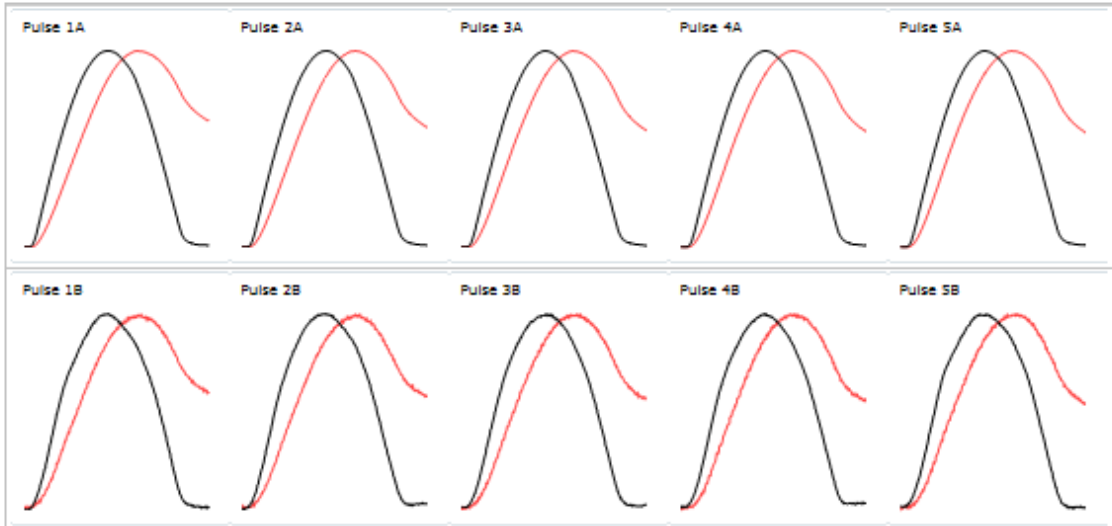
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C. April 2005**

Date of Test: mié, 27 de abr de 2016 @ 11:44  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: B3-FLORIDA  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°)	20
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	0
Diameter (mm)	102
Thickness (mm)	60

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (µm)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	4.836	4.856	4.865	4.866	4.874	4.859	0.453	0.443	0.450	0.454	0.451	0.450	<b>2.655</b>
Horizontal Stress (kPa)	501.2	503.3	504.3	504.4	505.2	503.7	46.9	45.9	46.7	47.0	46.8	46.7	<b>275.2</b>
Load-Area Factor	0.68	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	1.22	1.20	1.21	1.22	1.23	1.22	<b>0.95</b>
Horizontal Deformation (µm)	37.89	37.89	37.89	37.89	37.89	37.89	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	<b>20.99</b>
Load Rise Time (ms)	185	185	184	184	185	184	182	187	191	184	185	186	<b>185</b>
Measured Stiffness (MPa)	1394	1386	1367	1343	1319	1362	1817	1959	2018	2095	2116	2001	<b>1681</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	1441	1428	1413	1389	1360	1406	2342	2519	2606	2725	2758	2590	<b>1998</b>

Data File: B3-FLORIDA\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:  
 Bulk Density:  
 Poisson's Ratio:  
 Description of asphaltic material:  
 How it was mixed:  
 How it was compacted:  
 How bulk density was determined:  
 How the specimen was stored:

Signed

Date



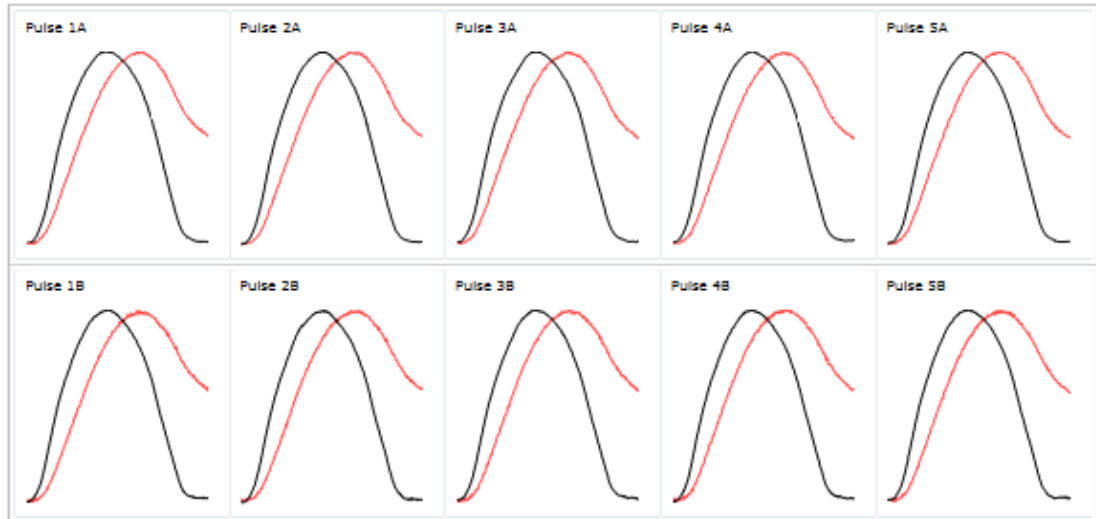
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C. April 2005**

Date of Test: jue, 28 de abr de 2016 @ 11:46  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: B4-FLORIDA 2  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°C)	20
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	0
Diameter (mm)	102
Thickness (mm)	61

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (µm)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	0.722	0.728	0.727	0.728	0.728	0.727	0.568	0.570	0.570	0.569	0.569	0.569	<b>0.648</b>
Horizontal Stress (kPa)	74.3	75.0	74.8	75.0	74.9	74.8	58.4	58.6	58.6	58.6	58.5	58.6	<b>66.7</b>
Load-Area Factor	0.73	0.72	0.72	0.72	0.73	0.72	0.67	0.67	0.68	0.66	0.68	0.67	<b>0.70</b>
Horizontal Deformation (µm)	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	<b>4.81</b>
Load Rise Time (ms)	125	122	124	122	122	123	183	186	183	187	183	184	<b>154</b>
Measured Stiffness (MPa)	1751	1772	1786	1792	1797	1780	1270	1291	1315	1330	1326	1307	<b>1543</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	1852	1874	1885	1891	1904	1881	1305	1328	1357	1361	1369	1344	<b>1613</b>

Data File: B4-FLORIDA 2\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:  
 Bulk Density:  
 Poisson's Ratio:  
 Description of asphaltic material:  
 How it was mixed:  
 How it was compacted:  
 How bulk density was determined:  
 How the specimen was stored:

Signed: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_



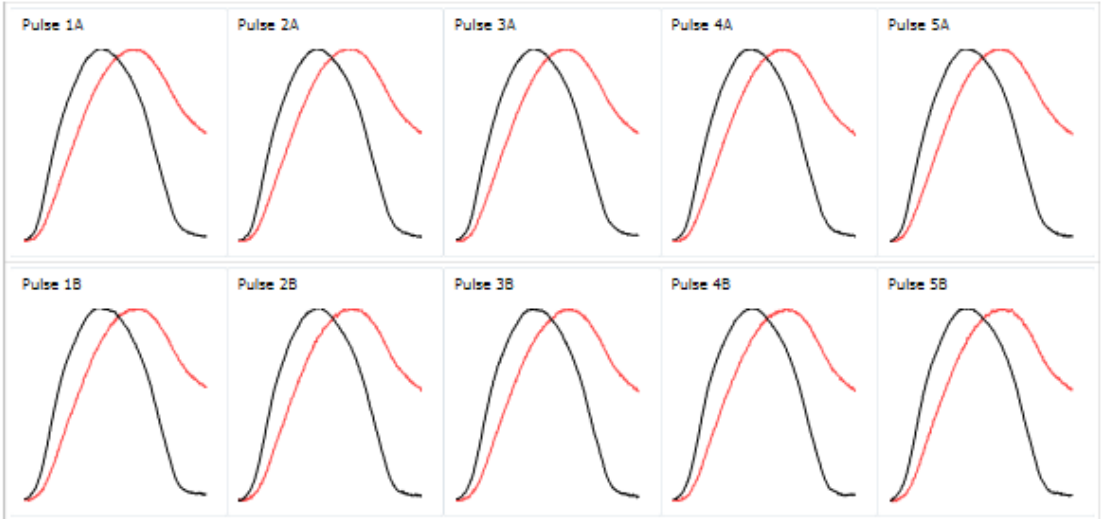
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C. April 2005**

Date of Test: jue, 28 de abr de 2016 @ 11:56  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: B5-FLORIDA 2  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°)	20
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	0
Diameter (mm)	102
Thickness (mm)	60

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (um)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	0.549	0.549	0.553	0.551	0.550	0.551	0.448	0.452	0.452	0.453	0.451	0.451	<b>0.501</b>
Horizontal Stress (kPa)	56.9	56.9	57.2	57.0	57.0	57.0	46.4	46.8	46.8	46.9	46.7	46.7	<b>51.8</b>
Load-Area Factor	0.59	0.60	0.61	0.59	0.60	0.60	0.63	0.64	0.63	0.66	0.64	0.64	<b>0.62</b>
Horizontal Deformation (um)	4.66	4.66	4.66	4.66	4.66	4.66	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	<b>4.45</b>
Load Rise Time (ms)	182	182	179	186	182	182	185	183	186	178	181	183	<b>182</b>
Measured Stiffness (MPa)	1221	1233	1235	1228	1230	1229	1144	1162	1185	1189	1191	1174	<b>1202</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	1217	1233	1240	1221	1229	1228	1160	1178	1199	1217	1209	1193	<b>1210</b>

Data File: B5-FLORIDA 2\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:

- Bulk Density:
- Poisson's Ratio:
- Description of asphaltic material:
- How it was mixed:
- How it was compacted:
- How bulk density was determined:
- How the specimen was stored:

Signed: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_



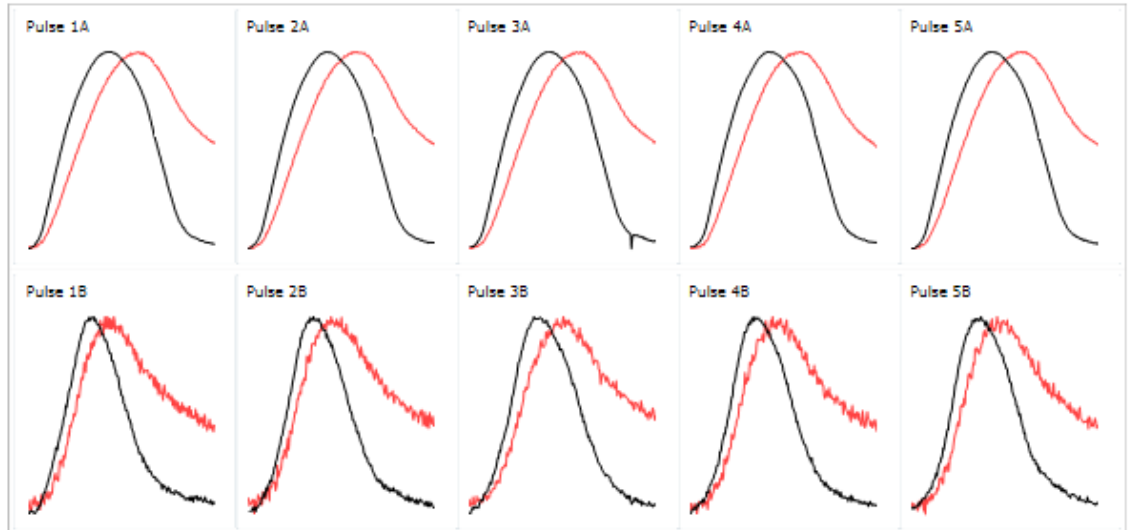
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C. April 2005**

Date of Test: jue, 28 de abr de 2016 @ 12:05  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: B6-FLORIDA 2  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°)	20
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	0
Diameter (mm)	102
Thickness (mm)	61

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (um)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	0.683	0.686	0.683	0.692	0.686	0.686	0.151	0.146	0.149	0.152	0.153	0.150	<b>0.418</b>
Horizontal Stress (kPa)	69.9	70.2	69.9	70.8	70.2	70.2	15.4	14.9	15.2	15.6	15.7	15.4	<b>42.8</b>
Load-Area Factor	0.68	0.66	0.67	0.67	0.68	0.67	0.53	0.49	0.50	0.53	0.51	0.51	<b>0.59</b>
Horizontal Deformation (um)	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	<b>2.88</b>
Load Rise Time (ms)	125	126	123	124	121	124	77	84	81	79	83	81	<b>102</b>
Measured Stiffness (MPa)	1550	1574	1580	1585	1589	1575	1777	1869	1784	1857	1858	1829	<b>1702</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	1602	1613	1628	1636	1644	1624	1717	1770	1704	1794	1779	1753	<b>1689</b>

Data File: B6-FLORIDA 2\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:  
 Bulk Density:  
 Poisson's Ratio:  
 Description of asphaltic material:  
 How it was mixed:  
 How it was compacted:  
 How bulk density was determined:  
 How the specimen was stored:

Signed: \_\_\_\_\_

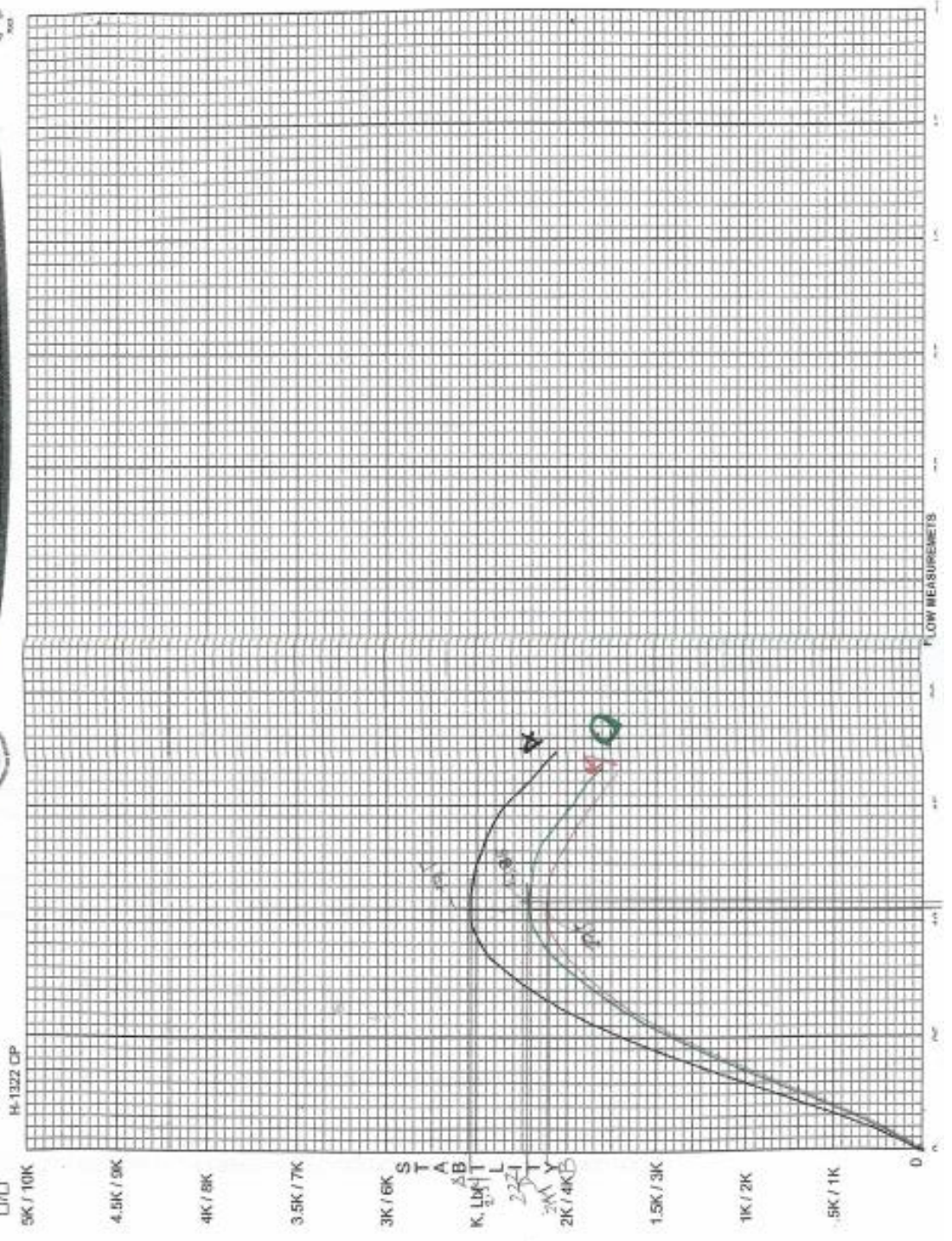
Date: \_\_\_\_\_



**CURVAS MARSHALL CON CONTENIDO ÓPTIMO DE  
ASFALTO “MINA JAMBELI”**

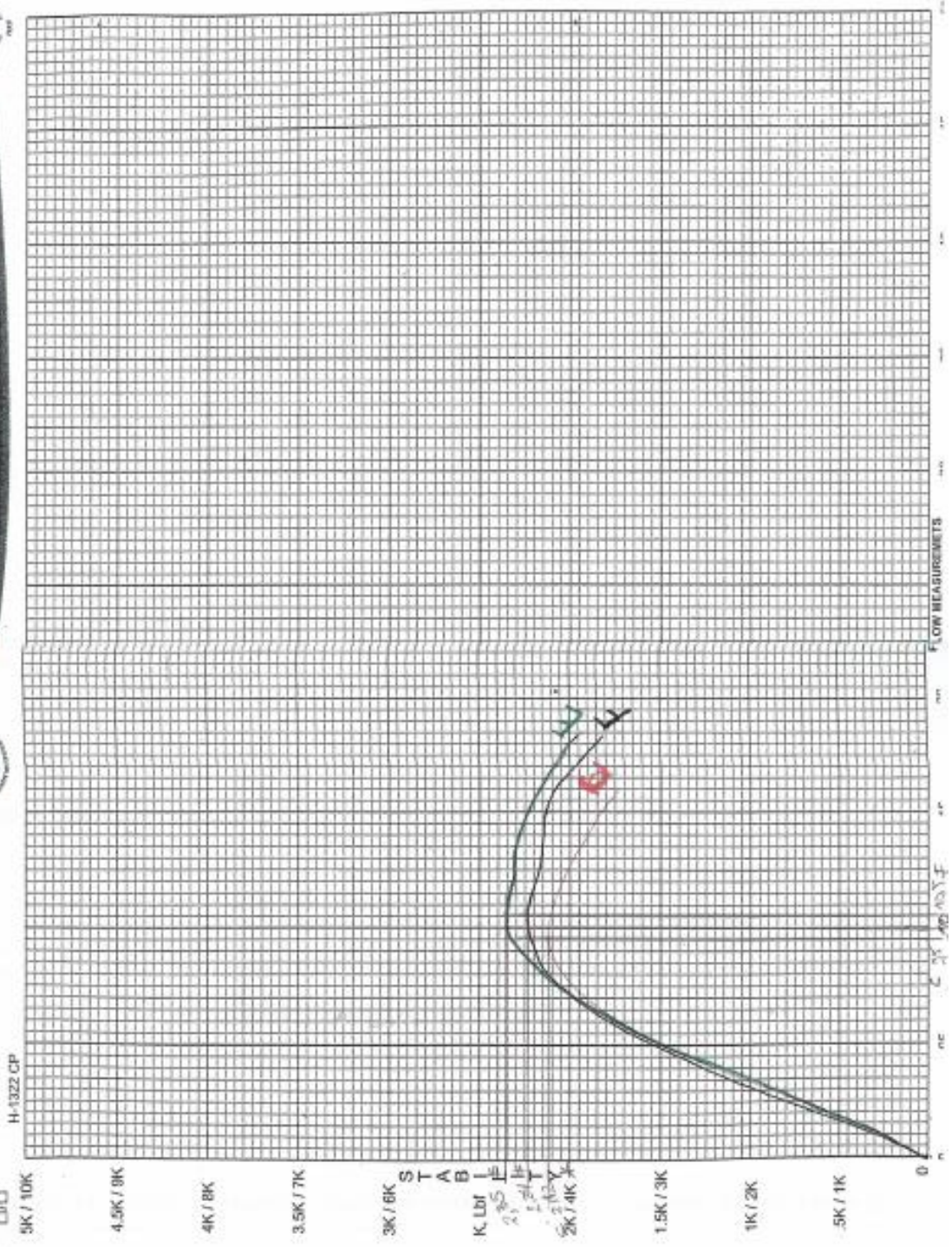


Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción  
Proyecto Nuevo Puente Internacional de Quito





Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Laboratorio de Materiales de Construcción  
Proyecto: Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito



**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS  
BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORVENTES CON  
CONTENIDO ÓPTIMO “MINA JAMBELI”**



**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL **SOLICITA:** ARO. ROBERTO UCHUARI  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO **FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13 **CONTRATISTA:** ———  
**PROCEDIMIENTO:** **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P **FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01  
**HOJA:** 70 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	A
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	80.72
Diámetro promedio, mm	101.45

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1152.89
Masa en agua (C), g	671.74
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1153.05
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.395
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2388
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.03

**OBSERVACIONES:** MINA JAMBELI CON EL OPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Malarme  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fablen Altor  
Responsable de Área





## ÁREA DE PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

### GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: ———  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2015-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2015-07-01  
HOJA: 71 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

#### Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	B
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.91
Diámetro promedio, mm	101.68

#### Resultados del ensayo:

Masa seca en aire (A), g	1153.94
Masa en agua (C), g	872.74
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1154.14
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.397
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2390
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.04

OBSERVACIONES: MINA AMBUEU CON EL OPTIMO

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Villarza  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvarez  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Rialpo M.Sc.  
Director LMC



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





## ÁREA DE PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO

### GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARO. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: ———  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3640 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 72 de 85  
MUESTRA: Terreda por el cliente

#### Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	72 de
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	ND
Altura promedio, mm	59.48
Diámetro promedio, mm	101.64

#### Resultados del ensayo:

Masa seca en aire (A), g	1137.28
Masa en agua (C), g	651.60
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1137.56
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.390
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2383
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.06

OBSERVACIONES: MIM JAMBELI CON EL OPTIMO

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Millama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvar  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC





**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

**PROYECTO:** TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL  
**LOCALIZACIÓN:** QUITO  
**NORMA DE REFERENCIA:** ASTM D2726/D2726M - 13  
**PROCEDIMIENTO:**  
**RECEPCIÓN N°:** 3840 P  
**HOJA:** 73 de 85  
**MUESTRA:** Tomada por el cliente

**SOLICITA:** ARQ. ROBERTO UCHUARI  
**FISCALIZACIÓN:** ING. GUSTAVO YÁNEZ  
**CONTRATISTA:** \_\_\_\_\_  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 2016-02-05  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2016-07-01

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	D
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.02
Diámetro promedio, mm	101.50

**Resultados del ensayo:**

Massa seca en aire (A), g	1140.08
Massa en agua (C), g	665.48
Massa saturada con superficie seca en aire (B), g	1140.34
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.401
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2394
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.05

**OBSERVACIONES:** MINA JAMBELI CON EL OPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvear  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Realpe M.Sc.  
Director LMC





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: —  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 74 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	E
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	N/D
Altura promedio, mm	60.47
Díámetro promedio, mm	101.34

**Resultados del ensayo:**

Masa seca en aire (A), g	1148.41
Masa en agua (C), g	669.96
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1148.75
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.399
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2391
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.07

**OBSERVACIONES:** MUY JAMBELI CON EL OPTIMO.

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvear  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





ÁREA DE PAVIMENTOS  
INFORME DE ENSAYO

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES

PROYECTO: TESIS MAESTRIA EN INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2726/D2726M - 13 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_  
PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
RECEPCIÓN N°: 3640 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 75 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

Información general del ensayo:

Identificación de la muestra	F
Temperatura del agua, °C	25.0
Tipo de mezcla	ND
Altura promedio, mm	60.05
Diámetro promedio, mm	101.89

Resultados del ensayo:

Masa seca en aire (A), g	1139.12
Masa en agua (C), g	662.77
Masa saturada con superficie seca en aire (B), g	1139.25
Gravedad específica Bulk a 25 °C	2.391
Densidad a 25 °C, kg/m <sup>3</sup>	2384
Porcentaje de agua absorbida por volumen, %	0.03

OBSERVACIONES: MINA JAMBELI CON EL OPTIMO

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alveal  
Responsable de Área

  
Ing. Guillermo Reaño M.Sc.  
Director LMC



**GRAVEDAD ESPECÍFICA MAXIMA TEORICA CON  
CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO “MINA JAMBELI”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
 LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
 NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2041/D2041M - 11 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_  
 PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-06  
 RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
 HOJA: 79 de 85  
 MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 A-B
Tipo de mezcla	N/D
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en alto

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire (A), g	2305.3
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8782
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
---	--

Gravedad específica máxima teórica (Gmm)	2.463
--	-------

**OBSERVACIONES:** MVA JARELLI - CON EL OPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
 Sr. Carlos Malena Figueroa  
 Responsable de Ensayos

  
 Ing. Fabián Alvear  
 Responsable de Área

  
 UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
  
 Ing. Guillermo Riospe M.Sc.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
 Cel.: 09870 49430  
 Quito-Ecuador  
 LMC-PUCE@puce.edu.ec  
 www.puce.edu.ec

**GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA Y DENSIDAD DE MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
 LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YÁNEZ  
 NORMA DE REFERENCIA: ASTM D2041/D2041M - 11 CONTRATISTA: \_\_\_\_\_  
 PROCEDIMIENTO: FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-05  
 RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
 HOJA: 80 de 85  
 MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	3840 G-H
Tipo de mezcla	N/D
Número de muestras	2
Tipo de contenedor	metálico
Tipo de procedimiento	en aire

**Registros de la muestra:**

Masa de muestra seca en aire (A), g	2277.1
Masa de contenedor y tapa con agua a 25 °C (D), g	7412.5
Masa de contenedor, tapa, muestra y agua a 25 °C (E), g	8762.5
Procedimiento suplementario	NO

**Registros del procedimiento suplementario:**

Masa de la bandeja, g	
Masa de bandeja y muestra húmeda, g	

Ciclo	Masa, g	Diferencia, %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Masa de la muestra con superficie seca (A), g	
---	--

Gravedad específica máxima teórica (Gmm)	2.456
--	-------

**OBSERVACIONES:** MNA JMBELU - CON EL OPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
 Sr. Carlos Malena Figueroa  
 Responsable de Ensayos

  
 Ing. Fabian Alvear  
 Responsable de Área



  
 Ing. Guillermo Restrepo M.Sc.  
 Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS  
BITUMINOSAS CON CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO  
“MINA JAMBELI”**



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624  
Cel.: 09870 49430  
Quito-Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

**ÁREA DE PAVIMENTOS**  
**INFORME DE ENSAYO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS BITUMINOSAS**

PROYECTO: TESIS MAESTRIA INGENIERIA VIAL SOLICITA: ARQ. ROBERTO UCHUARI  
LOCALIZACIÓN: QUITO FISCALIZACIÓN: ING. GUSTAVO YANEZ  
NORMA DE REFERENCIA: ASTM D6927 -06 CONTRATISTA: ———  
PROCEDIMIENTO: — FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016-02-06  
RECEPCIÓN N°: 3840 P FECHA DE EMISIÓN: 2016-07-01  
HOJA: 85 de 85  
MUESTRA: Tomada por el cliente

**Información general del ensayo:**

Identificación de la muestra	A	B	C	D	E	F
Tipo de muestra	briqueta	briqueta	briqueta	briqueta	briqueta	briqueta
Tipo de mezcla	densa	densa	densa	densa	densa	densa
Grado de ligante	AC-20	AC-21	AC-22	AC-23	AC-24	AC-25
Contenido de ligante, % total mezcla	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7

**Resultados del ensayo:**

Identificación de la muestra	A	B	C	D	E	F
Gravedad específica Bulk	2.386	2.387	2.390	2.401	2.388	2.391
Gravedad específica Bulk promedio	2.396					
Altura promedio, mm	60.72	60.91	59.48	60.02	60.47	60.05
Factor de corrección	1.10	1.09	1.14	1.12	1.11	1.12
Estabilidad medida, lbf	2500	2200	2150	2100	2350	2250
Estabilidad corregida, lbf	2746	2402	2456	2358	2602	2524
Estabilidad promedio, lbf	2516					
Flujo, 0.01 in	12.5	13	9.5	13	10	10.5
Flujo promedio, 0.01 in	11.4					
Método para determinar flujo	lángente paralelo	lángente paralelo	lángente paralelo	pico	pico	pico
Temperatura de ensayo, °C	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0

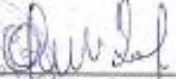
**OBSERVACIONES:** JMBELJ CON EL OPTIMO

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Sr. Carlos Mallama  
Responsable de Ensayos

  
Ing. Fabian Alvar  
Responsable de Área



  
Ing. Guillermo Recalde M.Sc.  
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**MODULO DE RIGIDEZ CON CONTENIDO ÓPTIMO DE  
ASFALTO “MINA JAMBELI”**

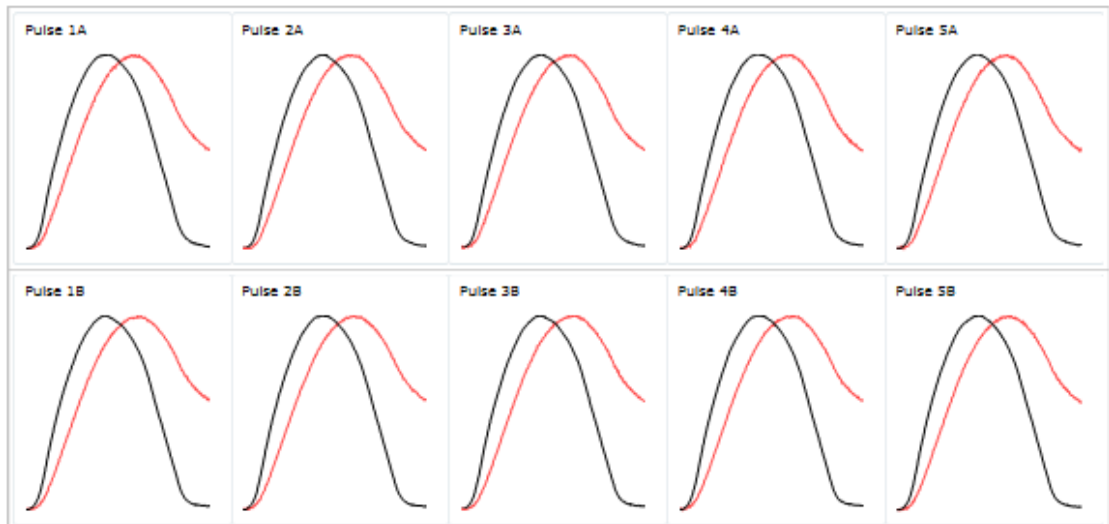
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C. April 2005**

Date of Test: jue, 28 de abr de 2016 @ 13:28  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: BA-JAMBELLI  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°)	20
Bulk Density (kg/m3)	0
Diameter (mm)	101
Thickness (mm)	61

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (um)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	1.017	1.021	1.020	1.013	1.018	1.018	0.940	0.936	0.938	0.936	0.938	0.938	<b>0.978</b>
Horizontal Stress (kPa)	105.1	105.5	105.4	104.7	105.2	105.2	97.1	96.7	96.9	96.7	96.9	96.9	<b>101.0</b>
Load-Area Factor	0.67	0.66	0.65	0.64	0.66	0.65	0.59	0.61	0.62	0.61	0.60	0.61	<b>0.63</b>
Horizontal Deformation (um)	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	<b>5.59</b>
Load Rise Time (ms)	179	179	180	184	179	180	183	181	178	181	181	181	<b>181</b>
Measured Stiffness (MPa)	2087	2108	2082	2070	2062	2082	1629	1627	1630	1620	1623	1626	<b>1854</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	2153	2168	2137	2106	2116	2136	1625	1633	1645	1625	1625	1631	<b>1883</b>

Data File: BA-JAMBELLI\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:

- Bulk Density:
- Poisson's Ratio:
- Description of asphaltic material:
- How it was mixed:
- How it was compacted:
- How bulk density was determined:
- How the specimen was stored:

Signed: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_



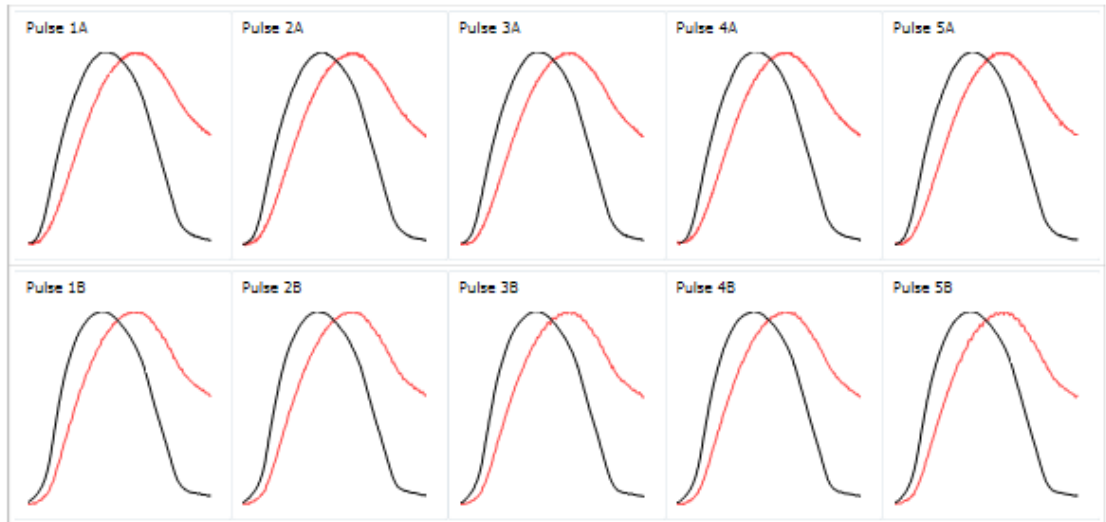
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C. April 2005**

Date of Test: jue, 28 de abr de 2016 @ 13:38  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: BB-JAMBELI  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°)	20
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	0
Diameter (mm)	102
Thickness (mm)	61

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (µm)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	0.830	0.832	0.830	0.829	0.831	0.831	1.012	1.015	1.012	1.014	1.016	1.014	<b>0.922</b>
Horizontal Stress (kPa)	85.4	85.6	85.4	85.2	85.5	85.4	104.1	104.3	104.1	104.2	104.4	104.2	<b>94.8</b>
Load-Area Factor	0.63	0.62	0.61	0.61	0.62	0.62	0.60	0.60	0.60	0.59	0.59	0.60	<b>0.61</b>
Horizontal Deformation (µm)	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	5.22	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21	<b>5.71</b>
Load Rise Time (ms)	179	183	183	186	179	182	127	128	131	133	132	130	<b>156</b>
Measured Stiffness (MPa)	1662	1673	1681	1666	1674	1671	1716	1708	1695	1699	1692	1702	<b>1687</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	1683	1685	1690	1670	1691	1684	1719	1707	1695	1688	1688	1699	<b>1692</b>

Data File: BB-JAMBELI\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:  
 Bulk Density:  
 Poisson's Ratio:  
 Description of asphaltic material:  
 How it was mixed:  
 How it was compacted:  
 How bulk density was determined:  
 How the specimen was stored:

Signed: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_



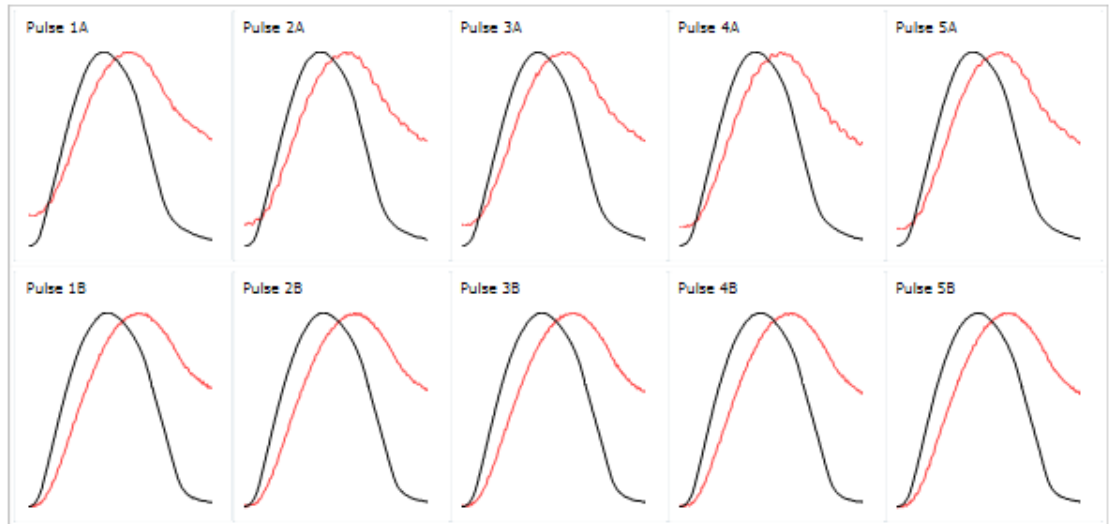
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C. April 2005**

Date of Test: jue, 28 de abr de 2016 @ 13:46  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: BC-JAMBELI  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°)	20
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	0
Diameter (mm)	102
Thickness (mm)	59

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (um)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	0.958	0.957	0.962	0.962	0.962	0.960	0.915	0.917	0.916	0.916	0.918	0.916	<b>0.938</b>
Horizontal Stress (kPa)	100.9	100.8	101.3	101.3	101.3	101.1	96.4	96.5	96.4	96.4	96.6	96.5	<b>98.8</b>
Load-Area Factor	0.61	0.58	0.60	0.59	0.58	0.59	0.63	0.64	0.62	0.61	0.62	0.62	<b>0.61</b>
Horizontal Deformation (um)	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	<b>4.85</b>
Load Rise Time (ms)	71	74	72	73	72	72	126	122	127	128	126	126	<b>99</b>
Measured Stiffness (MPa)	2309	2371	2382	2372	2407	2368	1955	1949	1961	1970	1986	1964	<b>2166</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	2315	2352	2382	2363	2387	2360	1982	1968	1977	1982	2005	1987	<b>2173</b>

Data File: BC-JAMBELI\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:

- Bulk Density:
- Poisson's Ratio:
- Description of asphaltic material:
- How it was mixed:
- How it was compacted:
- How bulk density was determined:
- How the specimen was stored:

Signed: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_



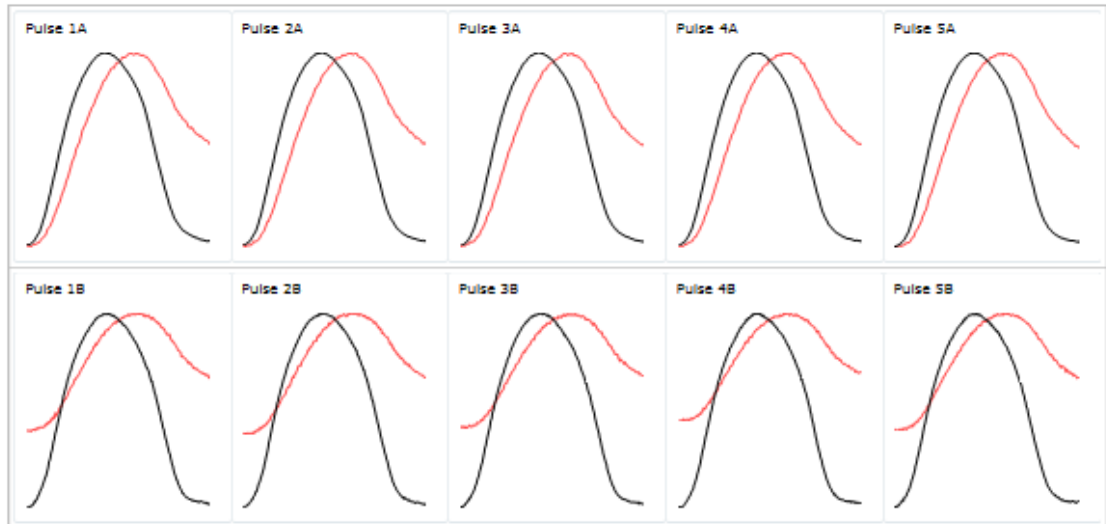
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C. April 2005**

Date of Test: vie, 29 de abr de 2016 @ 10:40  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: BD-JAMBELI 2  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°C)	20
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	0
Diameter (mm)	102
Thickness (mm)	60

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (µm)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	1.034	1.032	1.033	1.034	1.035	1.034	0.443	0.443	0.443	0.450	0.446	0.445	<b>0.739</b>
Horizontal Stress (kPa)	108.1	107.8	107.9	108.1	108.2	108.0	46.3	46.3	46.3	47.0	46.7	46.5	<b>77.3</b>
Load-Area Factor	0.63	0.64	0.66	0.63	0.63	0.64	0.68	0.69	0.69	0.70	0.68	0.69	<b>0.66</b>
Horizontal Deformation (µm)	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	<b>4.49</b>
Load Rise Time (ms)	72	71	69	72	72	71	128	128	126	124	127	127	<b>99</b>
Measured Stiffness (MPa)	2285	2310	2305	2323	2341	2313	1302	1335	1232	1193	1257	1264	<b>1788</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	2318	2353	2368	2361	2379	2356	1346	1385	1280	1242	1299	1310	<b>1833</b>

Data File: BD-JAMBELI 2\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:  
 Bulk Density:  
 Poisson's Ratio:  
 Description of asphaltic material:  
 How it was mixed:  
 How it was compacted:  
 How bulk density was determined:  
 How the specimen was stored:

Signed

[Signature Line]

Date

[Date Line]



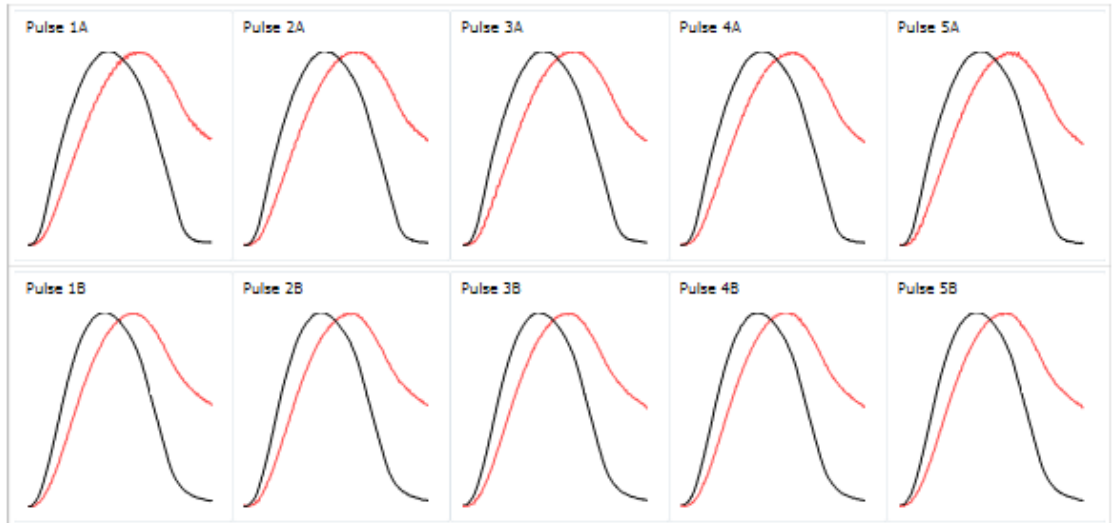
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C. April 2005**

Date of Test: jue, 28 de abr de 2016 @ 14:00  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: BE-JAMBELI  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°)	20
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	0
Diameter (mm)	101
Thickness (mm)	60

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (um)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	0.809	0.808	0.809	0.807	0.809	0.809	0.831	0.835	0.837	0.837	0.837	0.835	<b>0.822</b>
Horizontal Stress (kPa)	84.1	84.0	84.1	83.9	84.1	84.0	86.4	86.8	86.9	86.9	86.9	86.8	<b>85.4</b>
Load-Area Factor	0.67	0.68	0.68	0.67	0.68	0.68	0.69	0.66	0.67	0.66	0.69	0.68	<b>0.68</b>
Horizontal Deformation (um)	5.89	5.89	5.89	5.89	5.89	5.89	5.32	5.32	5.32	5.32	5.32	5.32	<b>5.61</b>
Load Rise Time (ms)	186	181	183	183	182	183	119	124	122	126	121	122	<b>153</b>
Measured Stiffness (MPa)	1513	1531	1528	1518	1511	1520	1773	1786	1802	1825	1801	1797	<b>1659</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	1559	1586	1580	1567	1565	1571	1850	1837	1863	1878	1874	1860	<b>1716</b>

Data File: BE-JAMBELI\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:  
 Bulk Density:  
 Poisson's Ratio:  
 Description of asphaltic material:  
 How it was mixed:  
 How it was compacted:  
 How bulk density was determined:  
 How the specimen was stored:

Signed:

Date:



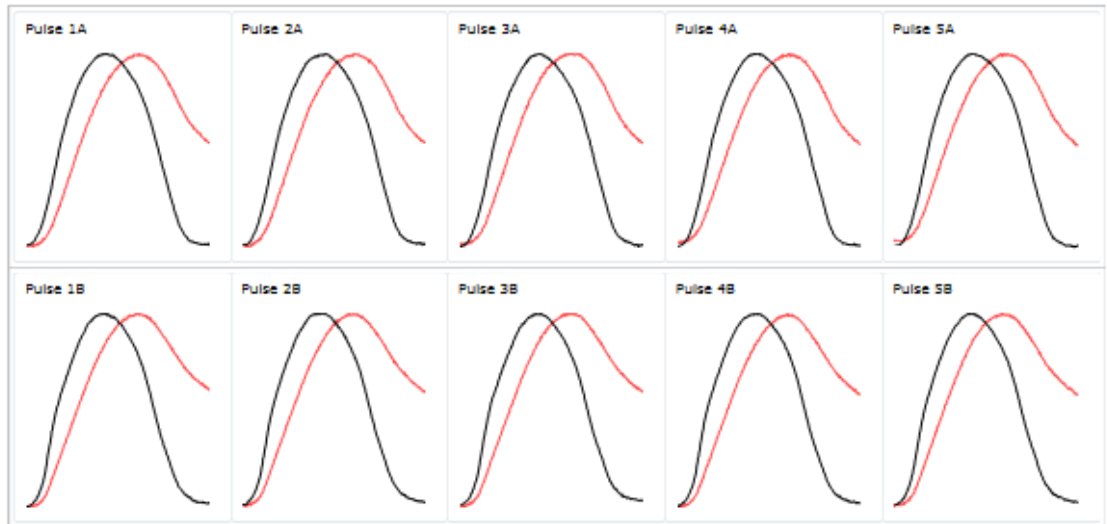
**Stiffness Modulus: EN 12697-26: Annex C, April 2005**

Date of Test: Jun, 02 de may de 2016 @ 13:58  
 Report Number:  
 Operator: Carlos Mallama  
 Specimen ID: BF-JAMBELI 5  
 Client Name:

Lab Address: Quito  
 Ecuador

Test Temperature (°C)	20
Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	0
Diameter (mm)	102
Thickness (mm)	60

Conditioning Pulses	10
Poissons Ratio	0.35
A & B Target Rise Time (ms)	124
A & B Target Deformation (µm)	5



**Test Results**

	1A	2A	3A	4A	5A	Mean A	1B	2B	3B	4B	5B	Mean B	Mean A&B
Load Peak to Peak (kN)	0.514	0.514	0.518	0.514	0.513	0.514	0.511	0.512	0.515	0.514	0.517	0.514	<b>0.514</b>
Horizontal Stress (kPa)	53.5	53.6	54.0	53.5	53.4	53.6	53.2	53.3	53.7	53.6	53.9	53.6	<b>53.6</b>
Load-Area Factor	0.74	0.72	0.70	0.70	0.72	0.71	0.72	0.74	0.72	0.71	0.70	0.72	<b>0.72</b>
Horizontal Deformation (µm)	4.72	4.72	4.72	4.72	4.72	4.72	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	<b>4.96</b>
Load Rise Time (ms)	170	171	174	177	173	173	187	181	188	189	190	187	<b>180</b>
Measured Stiffness (MPa)	1273	1289	1301	1275	1280	1284	1153	1175	1211	1203	1224	1193	<b>1238</b>
Adjusted Stiffness Modulus (MPa)	1346	1354	1356	1326	1342	1345	1207	1243	1270	1258	1276	1251	<b>1298</b>

Date File: BF-JAMBELI 5\_1.tdms

Notes: Record details about the specimen in this area:

- Bulk Density:
- Poisson's Ratio:
- Description of asphaltic material:
- How it was mixed:
- How it was compacted:
- How bulk density was determined:
- How the specimen was stored:

Signed:

Date:



**ANEXO 3**

**ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCION  
DE CAMINOS Y PUENTES**

**(MOP-001-F2002 TOMO II)**

## SECCION 811. AGREGADOS PARA HORMIGON ASFALTICO

### 811.1. Generalidades.

**811-1.01. Objetivos.-** Esta especificación tiene por objeto fijar las características que deben cumplir los agregados que se emplean en la construcción de hormigón asfáltico.

**811-1.02. Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación no se aplica a ningún otro material pétreo que se requiera en las obras viales, y debe acudirse a las especificaciones correspondientes.

**811-1.03. Definiciones Específicas.-** Relleno mineral: Porción de material que pasa el tamiz INEN 75 micrones (N° 200).

Densidad: Es la masa de la unidad de volumen de las partículas del árido a una temperatura especificada. El volumen no incluye los poros saturables de las partículas ni los huecos entre éstas.

Agregado fino: Porción de material que pasa el tamiz INEN 4.75 mm. (N° 4) y es retenida en el tamiz INEN 75 micrones (N° 200).

Agregado grueso: Agregado cuyas partículas son retenidas por el tamiz INEN 4.75 mm. (N° 4).

### 811-2. Agregados para Mezcla en Planta.

**811-2.01. Descripción.-** Son agregados que se utilizan para la fabricación de hormigón asfáltico empleando una planta de asfaltos o equipo semejante para su mezcla con el asfalto.

**811-2.02. Requisitos.-** Los agregados estarán compuestos de partículas de piedra triturada, grava triturada, grava o piedra natural, arena, etc., de tal manera que cumplan los requisitos de graduación que se establecen en la Tabla 404-5.1 ó 405-5.1 de estas especificaciones según corresponda, y se clasifican en "A", "B" y "C", de acuerdo a lo establecido a continuación:

- a) Agregados tipo A: Son aquellos en los cuales todas las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración. El agregado fino puede ser arena natural o material triturado y, de requerirse, se puede añadir relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación antes mencionadas. Este relleno mineral puede ser inclusive cemento Portland, si así se establece para la obra.
- b) Agregados tipo B: Son aquellos en los cuales por lo menos el 50% de las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración. El

agregado fino y el relleno mineral pueden ser triturados o provenientes de depósitos naturales, según la disponibilidad de dichos materiales en la zona del proyecto.

- c) **Agregados tipo C:** Los agregados tipo C para hormigón asfáltico son aquellos provenientes de depósitos naturales o de trituración, según las disponibilidades propias de la región, siempre que se haya verificado que la estabilidad, medida en el ensayo de Marshall, se encuentre dentro de los límites fijados en la Tabla 405-5.2 de estas especificaciones.

Los agregados serán fragmentos limpios, resistentes y duros, libres de materia vegetal y de exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables, así como de material mineral cubierto de arcilla u otro material inconveniente. Se utilizarán agregados completamente secos y de no poder cumplirse ésto, se instalarán dos secadores en serie, de tal forma que cuando se termine la operación de mezclado, la humedad de los agregados no exceda de 1%.

Además de los requisitos granulométricos y los referentes a su producción, que se indicaron anteriormente, los agregados deben cumplir con las siguientes exigencias:

Los agregados gruesos no deberán tener un desgaste mayor de 40% luego de 500 revoluciones de la máquina de Los Angeles, cuando sean ensayados a la abrasión, según la norma INEN 860.

La porción de los agregados que pasa el tamiz INEN 0.425 mm. (N° 40), deberá tener un índice de plasticidad menor a 4, según lo establecido en las Normas INEN 691 y 692.

El agregado no debe experimentar desintegración ni pérdida total mayor del 12%, cuando se lo someta a 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio, en la prueba de durabilidad, como lo dispone la Norma INEN 863, salvo que las especificaciones especiales indiquen otra cosa.

Los agregados serán de características tales que, al ser impregnados con material bituminoso, más de un 95% de este material bituminoso permanezca impregnando las partículas, después de realizado el ensayo de resistencia a la peladura, según la Norma AASHTO T 182.

El relleno mineral deberá cumplir con los requisitos especificados en la Norma AASHTO M 17.

#### **811.2.02 Requisitos**

Los agregados gruesos retenidos en el tamiz INEN 4.75 mm. deben tener cierta angularidad. El 85% de agregado grueso deberá tener por lo menos una cara

fracturada y el 80% del agregado grueso deberá tener por lo menos dos caras fracturadas, según la Norma ASTM D5821.

La angularidad de los agregados finos es determinada como el porcentaje de vacíos de aire presente en los agregados pasantes el tamiz INEN 2.36 mm. El valor mínimo requerido es de 45% según la Norma ASTM C1252.

El equivalente de arena se realiza en los agregados pasantes el tamiz INEN 4.75 mm. Norma AASHTO T 176 ( ASTM D2419 ). Los valores mínimos recomendados son los siguientes:

	Equivalente de Arena	
	Tráfico Liviano y Mediano	Tráfico Pesado
Base	35	40
Capa de Rodadura	45	50

El máximo porcentaje en peso de partículas alargadas y achatadas retenidas en el tamiz INEN 4.75mm cuya relación entre las dimensiones máximas y mínimas mayor que 5, no deberá ser mayor de un 10% según la Norma ASTM D4791.

El máximo porcentaje de materiales deletéreos en los agregados es de 1% en peso según la Norma ASTM C142.

**811-2.03. Ensayos y Tolerancias.-** Los ensayos de control y verificación que se deben realizar para aceptar o rechazar un agregado, seguirán lo indicado en las normas mencionadas en los diferentes párrafos del numeral anterior. Las exigencias de graduación serán comprobadas mediante ensayos granulométricos, según lo establecido en las Normas INEN 696 y 697.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 856 y 857, según corresponda, y el peso unitario de los agregados se determinará de acuerdo a la Norma INEN 854.

### **811-3. Agregados para Mezcla en Sitio.**

**811-3.01. Descripción.-** Son agregados que se utilizan en la fabricación del hormigón asfáltico, cuando éste se lo construye en el lugar de trabajo, empleando equipo especial para mezcla en sitio.

**811-3.02. Requisitos.-** Los agregados para mezcla en sitio deben cumplir las mismas exigencias establecidas en la subsección 811-2., salvo la granulometría, que será la establecida para este tipo de trabajos en las Tablas 404-4.1 y 405-4.1

de estas especificaciones, según corresponda.

**Tabla 404-4.1**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50.8 mm.)	100	--	--
1 1/2" (38.1 mm.)	70 - 100	100	--
1" (25.4 mm.)	55 - 85	70 - 100	100
3/4" (19.0 mm.)	50 - 80	60 - 90	70 - 100
3/8" (9.5 mm.)	40 - 70	45 - 75	50 - 80
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 60	30 - 60	35 - 65
Nº 10 (2.00 mm.)	20 - 50	20 - 50	25 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	5 - 30	5 - 30	10 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 5	0 - 5	0 - 5

**Tabla 404-5.1.**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50.8 mm.)	100	--	--
1 1/2" (38.1 mm.)	90 - 100	100	--
1" (25.4 mm.)		90 - 100	100
3/4" (19.0 mm.)	56 - 80	--	90 - 100
1/2" (12.5 mm.)	--	56 - 80	--
3/8" (9.5 mm.)	--	--	56 - 80
Nº 4 (4.75 mm.)	23 - 53	29 - 59	35 - 65
Nº 8 (2.36 mm.)	15 - 41	19 - 45	23 - 49
Nº 50 (0.30 mm.)	4 - 16	5 - 17	5 - 19
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 6	1 - 7	2 - 8

Tabla 405-5.2.

Ensayos de acuerdo al método Marshall	T R A F I C O					
	PESADO		MEDIO		LIVIANO	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Nº de golpes	75		50		35	
Estabilidad (libras)	1.800	--	1.200	--	750	--
Flujo (pulgada/100)	8	16	8	18	8	20
% vacíos con aire:						
Carpeta	3	5	3	5	3	5
Base	3	8	3	8	3	8

Nota : % de Vacíos en el agregado mineral (VMA) de acuerdo con el gráfico actualizado del Instituto del Asfalto.

TABLA 810.2.1.

ENSAYOS	60-70		85-100	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
<b>Betún original</b>				
Penetración (25 °C, 100 gr, 5 s), mm/10.	60	70	85	100
Punto de ablandamiento A y B, °C.	48	57	45	53
Índice de penetración (*).	-1,5	+1,5	-1,5	+1,5
Ductilidad (25 °C, 5 cm/minuto), cm.	100	---	100	---
Contenido de agua (en volumen), % .	---	0,2	---	0,2
Solubilidad en Tricloroetileno, %.	99	---	99	---
Punto de inflamación, Copa Cleveland, °C.	232	---	232	---
Densidad relativa, 25 °C/ 25 °C	1,00	---	1,00	---
Ensayo de la mancha (**)	NEGATIVO		NEGATIVO	
Contenido de parafinas, %.	---	2.2	---	2.2
<b>Ensayos al residuo del TFOT:</b>				
Variación de masa, %.	---	0,8	---	1,0
Penetración, % de penetración original.	54	---	50	---
Ductilidad, cm	50	---	75	---
Resistencia al endurecimiento (***)	---	5,0	---	5,0

**TABLA 405-5.5**

<b>Tipo de Mezcla</b>	<b>VAM, Mínimo (%)</b>
A	16
B	15
C, D	14
E	13