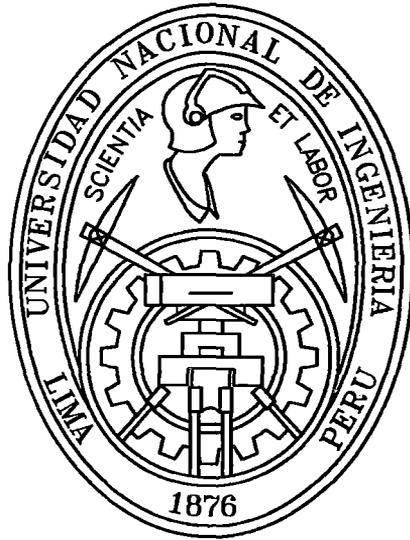


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS
DE TIPO SUPERIOR CON EMPLEO
DE AGREGADOS ALTAMENTE ABSORBENTES**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO

Lima- Perú

2008

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

Nada se consigue sin esfuerzo....

Nada se logra sin perseverancia y dedicación...

Nada... sin trabajo entusiasta y alegría compartida.

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada íntegramente a mis padres: Guillermo y Teresa, quienes me brindan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

La presente tesis, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiese sido posible sin la cooperación de todas y cada una de las personas que a continuación citaré:

Comienzo por dar gracias a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de la investigación. A mis padres Guillermo y Teresa por su confianza y apoyo incondicional, a mis hermanos Hernando y Luis, por el ánimo, apoyo y alegría que me brindan. A mi mejor amigo y compañero William, por ser mi mayor crítico.

Mi más amplio agradecimiento a la empresa **PETROPERÚ – REFINERIA CONCHÁN** quienes financiaron la presente tesis, proporcionándome todas las facilidades necesarias para realizar este proyecto. Al **Ing. Félix Pezán**; Gerente de Operaciones Conchán; por confiar en mi proyecto y brindarme la oportunidad de desarrollar la investigación realizada. Al **Ing. Ricardo Bisso** y al **Sr. Alberto Navarro** quienes fueron los primeros que apostaron por mi tema de investigación. A todos los Ingenieros de dicha empresa que de alguna manera colaboraron conmigo, a los amigos que hice, a los Técnicos del Laboratorio por sus valiosos conocimientos, y en general a toda la gran familia de Petroperú.

De igual manera, mi más sincero agradecimiento a mi **asesor de tesis** el **Ing. José Melchor Areche** por confiar y creer en mi, por su valiosa dirección y apoyo para la conclusión de la presente investigación.

Al **Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones**, a los Ingenieros y Técnicos, quienes en todo momento me brindaron su apoyo, y gracias a su experiencia aportaron con la realización de la presente tesis.

Finalmente, gracias a todas aquellas personas, que de alguna manera u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de la presente investigación.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

RESUMEN

En la presente investigación se evalúan dos tipos de agregados procedentes de zonas de altura de nuestro país, empleados en los tramos de carretera Abra Málaga - Carrizales, Cusco y Yura - Patahuasi, Arequipa; los cuales debido a su naturaleza y formación presentan una marcada diferencia de absorción; demostrando que los agregados que poseen alta absorción, pueden ser empleados en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente, sometiendo a la mezcla asfáltica a un proceso de curado (la mezcla asfáltica es colocada al horno, a temperatura y tiempo determinado) antes de su compactación.

Fundamentalmente, se analiza la influencia de someter las mezclas asfálticas a diferentes tiempos de curado (basados en el porcentaje de absorción de los agregados), para analizar la variación de sus propiedades volumétricas y mecánicas en el tiempo. Dicho análisis se realiza paralelamente para las mezclas asfálticas con agregados de Cusco y Arequipa.

El Capítulo 1 *“Panorama conceptual del tema de investigación”*, comprende el marco teórico necesario para comprender las propiedades analizadas en la investigación realizada.

El Capítulo 2 *“Sinopsis del tema de investigación”*, presenta las razones que llevaron a realizar el tema de investigación, objetivos, metodología, procedencia de los materiales empleados; realizando una breve descripción sobre las zonas de estudio elegidas (ubicación, climas, canteras); además se describe la fase experimental desarrollada.

El Capítulo 3 *“Diseño de mezclas asfálticas-Método Marshall”*, esquematiza el procedimiento de laboratorio realizado de acuerdo a las normativas ASTM D 6926(04) y ASTM D 6927(04) del método Marshall. Asimismo, se indican los parámetros necesarios para calcular las propiedades volumétricas de la mezcla.

El Capítulo 4 “Evaluación del comportamiento de agregados altamente absorbentes en el diseño de mezclas asfálticas”, contiene los análisis de ensayos de calidad de agregados gruesos, finos, filler (cal hidratada) y cemento asfáltico, verificando si son aptos para utilizarlos en la fabricación de mezclas asfálticas para pavimentos en zonas de altura.

Se muestran los resultados de los ensayos Marshall correspondientes a las mezclas asfálticas curadas al horno para diferentes tiempos. Se evalúa el efecto del contenido de cemento asfáltico sobre las propiedades volumétricas de la mezcla para los diferentes tiempos de curado, determinándose el tiempo adecuado que permita a los agregados completar su absorción asfáltica, con el respectivo análisis de las propiedades volumétricas y mecánicas de las mezclas.

El Capítulo 5 “Validez de hipótesis”, demuestra que es posible cuantificar la absorción asfáltica de los agregados altamente absorbentes estableciendo el tiempo de curado hasta el cual la mezcla aún se encuentre en el rango tolerable por las especificaciones técnicas, validándose así la hipótesis planteada de tipo Relacional -Predictiva.

El Capítulo 6 “Análisis técnico-económico del empleo de agregados altamente absorbentes en el diseño de mezclas asfálticas”, se efectúa la comparación económica de una mezcla asfáltica convencional (sin someterla al curado) y la mezcla asfáltica curada al horno. Se demuestra que la distancia entre la planta de asfalto y la zona del proyecto es determinante para la completa absorción asfáltica y por lo tanto la necesidad de curar la mezcla hallando los parámetros volumétricos correctos.

Finalmente, se presentan las *Conclusiones* de la presente investigación y se vierten las respectivas *Recomendaciones*, esperando aportar con los procedimientos de diseño de mezclas asfálticas en caliente vigentes con los valores experimentales, especialmente en pavimentos en zonas de altura.

ÍNDICE

	Página
Dedicatoria	<i>i</i>
Agradecimiento	<i>ii</i>
Resumen	<i>iii</i>
Índice	<i>v</i>
Lista de Figuras	<i>ix</i>
Lista de Cuadros	<i>xi</i>
Introducción	<i>xii</i>
Capítulo 1 Panorama Conceptual del Tema de Investigación	1
1.1 Materiales para Pavimentos de Concreto Asfáltico	2
1.1.1 Introducción	2
1.1.2 Agregados	2
1.1.2.1 Clasificación de Agregados Pétreos	2
1.1.2.2 Propiedades de Agregados Pétreos	6
1.1.3 Cemento Asfáltico	8
1.1.3.1 Clasificación del Cemento Asfáltico	9
1.2 Comportamiento de la Mezcla Asfáltica	12
1.2.1 Introducción	12
1.2.2 Comportamiento del Cemento Asfáltico	12
1.2.3 Comportamiento del Agregado Mineral	13
1.2.4 Factores que Influyen en el Comportamiento de Mezclas Asfálticas	14
1.3 Parámetros Volumétricos de Mezclas Asfálticas	16
1.3.1 Introducción	16
1.3.2 Definiciones	16
1.3.3 Influencia de la Gravedad Específica del Agregado en la determinación de los Parámetros Volumétricos	18
Capítulo 2 Sinopsis del Tema de Investigación	20
2.1 Introducción	21
2.2 Antecedentes	21
2.3 Justificación	22
2.4 Objetivos y Utilidad de la Investigación	23
2.5 Hipótesis	23

	Página
2.6 Metodología de la Investigación	24
2.6.1 Estrategia	24
2.6.1.1 Procedencia del Material Empleado	24
2.6.1.2 Fase Experimental	29
2.6.2 Recursos	32
2.6.3 Organigrama	33
Capítulo 3 Diseño de Mezclas Asfálticas - Método Marshall	34
3.1 Introducción	35
3.2 Metodología	36
3.3 Evaluación y Ajuste de la Mezcla de Diseño	43
3.4 Pruebas a las Mezclas Asfálticas Compactadas	45
3.4.1 Determinación de la Gravedad Específica	45
3.4.2 Prueba de Estabilidad y Flujo Marshall	46
3.4.3 Análisis de Densidad y Vacíos	46
Capítulo 4 Evaluación del Comportamiento de Agregados Altamente Absorbentes en el Diseño de Mezclas Asfálticas	48
4.1 Introducción	49
4.2 Caracterización de los Materiales Utilizados	49
4.2.1 Agregado Pétreo	49
4.2.1.1 Análisis de Agregados Gruesos	50
4.2.1.2 Análisis de Agregados Finos	56
4.2.1.3 Análisis del Filler	61
4.2.2 Cemento Asfáltico	63
4.2.3 Huso Granulométrico Seleccionado	67
4.3 Equipos y Materiales	70
4.4 Elaboración de Mezclas Asfálticas	71
4.5 Pruebas a las Mezclas Asfálticas	72
4.5.1 Pruebas Volumétricas	72
4.5.2 Pruebas Mecánicas	74
4.5.3 Prueba Visual	74
4.6 Evaluación de Resultados	80
4.6.1 Determinación del Óptimo Contenido de Cemento Asfáltico	80
4.6.2 Parámetros Volumétricos	81

	Página
4.6.3 Rigidez de la Mezcla	86
4.6.4 Resumen de la Evaluación	89
4.6.5 Control de Calidad de la Mezcla Asfáltica	91
Capítulo 5 Validez de Hipótesis	92
5.1 Validación de Hipótesis	93
Capítulo 6 Análisis Técnico-Económico del Empleo de Agregados Altamente Absorbentes en el Diseño de Mezclas Asfálticas	95
6.1 Introducción	96
6.2 Análisis de Costos	97
6.2.1 Mezcla Asfáltica con Agregados de Cusco	97
6.2.2 Mezcla Asfáltica con Agregados de Arequipa	101
6.3 Evaluación de Análisis Técnico-Económico	105
Conclusiones	109
Recomendaciones	113
Bibliografía	115
Anexos	118
Anexos 01 Efecto del Contenido de Asfalto en las Propiedades de la Mezcla Asfáltica Curada	119
Anexos 02 Curvas Marshall y Parámetros de Mezclas Asfálticas	123
Anexos 02.01 Curvas y Parámetros de Mezclas Asfálticas con Agregados de Cusco	124
Anexos 02.02 Curvas y Parámetros de Mezclas Asfálticas con Agregados de Arequipa	130
Anexos 03 Ensayos de Calidad de Agregados	137
Anexos 03.01 Ensayos de Calidad de Agregados, Cusco	138
Anexos 03.02 Ensayos de Calidad de Agregados, Arequipa	158
Anexos 04 Ensayos de Calidad del Cemento Asfáltico PEN 120-150	173
Anexos 05 Ensayos de Mezclas Asfálticas	177
Anexos 05.01 Mezclas Asfálticas con Agregados de Cusco	178
Anexos 05.02 Mezclas Asfálticas con Agregados de Arequipa	211

	Página
Anexos 06 Normas ASTM – Método Marshall	230
Anexos 06.01 NORMA ASTM D 6926(04)	231
Anexos 06.02 NORMA ASTM D 6927(04)	238

LISTA DE FIGURAS

	Página
Capítulo 1 Panorama Conceptual del Tema de Investigación	1
Figura 1.1 Diagrama de Fases de las Propiedades Volumétricas de la Mezcla Asfáltica Compactada	17
Capítulo 2 Sinopsis del Tema de Investigación	20
Figura 2.1 Ubicación de la Zona de Estudio -Cusco	27
Figura 2.2 Ubicación de la Zona de Estudio -Arequipa	28
Figura 2.3 Organigrama	33
Capítulo 4 Evaluación del Comportamiento de Agregados Altamente Absorbentes en el Diseño de Mezclas Asfálticas	48
Figura 4.1 Mezcla de Agregados Seleccionada-Cusco	68
Figura 4.2 Mezcla de Agregados Seleccionada - Arequipa	69
Figura 4.3 Parámetros Volumétricos de la Mezcla Asfáltica Compactada	81
Figura 4.4 Vacíos de Aire vs. Tiempos de Curado	82
Figura 4.5 Vacíos en el Agregado Mineral vs. Tiempos de Curado	83
Figura 4.6 Vacíos llenos de Asfalto vs. Tiempos de Curado	84
Figura 4.7 Asfalto Efectivo vs. Tiempos de Curado	85
Figura 4.8 Estabilidad vs. Tiempos de Curado	86
Figura 4.9 Fluencia vs. Tiempos de Curado	87
Figura 4.10 Índice de Rigidez vs. Tiempos de Curado	88
Capítulo 5 Validez de Hipótesis	92
Figura 5.1 Porcentaje de Asfalto Absorbido- Mezcla Asfáltica con Agregados de Cusco	94
Figura 5.2 Porcentaje de Asfalto Absorbido- Mezcla Asfáltica con Agregados de Arequipa	94
Capítulo 6 Análisis Técnico-Económico del Empleo de Agregados Altamente Absorbentes en el Diseño de Mezclas Asfálticas	95
Figura 6.1 Croquis de Obra - Cusco	100
Figura 6.2 Croquis de Obra - Arequipa	104
Figura 6.3 Tiempos de Curado de Mezclas Asfálticas, Carretera Abra Málaga-Carrizales	106
Figura 6.4 Tiempos de Curado de Mezclas Asfálticas, Carretera Yura-Patahuasi	107

	Página
Anexos 01 Efecto del Contenido de Asfalto en las Propiedades de la Mezcla Asfáltica Curada	119
Figura A1.1 Vacíos de Aire (V_a)	120
Figura A1.2 Vacíos de Agregado Mineral (VMA)	121
Figura A1.3 Vacíos Llenados de Asfalto	122
Anexos 02 Curvas Marshall y Parámetros De Mezclas Asfálticas	123
Anexos 02.01 Curvas y Parámetros de Mezclas Asfálticas con Agregados de Cusco	124
Figura A2.1 Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Cusco, $T_c = 0$ hr	125
Figura A2.2 Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Cusco, $T_c = 0.5$ hr	126
Figura A2.3 Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Cusco, $T_c = 1.0$ hr	127
Figura A2.4 Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Cusco, $T_c = 1.5$ hr	128
Figura A2.5 Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Cusco, $T_c = 2.0$ hr	129
Anexos 02.02 Curvas y Parámetros de Mezclas Asfálticas con Agregados de Arequipa	130
Figura A2.6 Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, $T_c = 0$ hr	131
Figura A2.7 Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, $T_c = 2.0$ hr	132
Figura A2.8 Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, $T_c = 2.5$ hr	133
Figura A2.9 Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, $T_c = 3.0$ hr	134
Figura A2.10 Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, $T_c = 3.5$ hr	135
Figura A2.11 Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, $T_c = 4.0$ hr	136

LISTA DE CUADROS

	Página
Capítulo 3 Diseño de Mezclas Asfálticas-Método Marshall	34
Cuadro 3.1 Requisitos para Mezcla de Concreto Asfáltico	42
Cuadro 3.2 Vacíos Mínimos en el Agregado Mineral (VMA)	43
Cuadro 3.3 Sugerencias para cumplir con los Criterios de Diseño	44
Capítulo 4 Evaluación del Comportamiento de Agregados Altamente Absorbentes en el Diseño de Mezclas Asfálticas	48
Cuadro 4.1 Resultados y Requerimientos de Agregados Gruesos	55
Cuadro 4.2 Resultados y Requerimientos de Agregados Finos	60
Cuadro 4.3 Resultados y Requerimientos del Cemento Asfáltico PEN 120- 150	66
Cuadro 4.4 Variaciones de Tiempos de Curado de Mezclas Asfálticas	71
Cuadro 4.5 Ensayo Marshall-Mezcla Asfáltica con Agregados de Cusco	76
Cuadro 4.6 Ensayo Marshall-Mezcla Asfáltica con Agregados de Arequipa	78
Cuadro 4.7 Influencia del Tiempo de Curado sobre las Propiedades de la Mezcla Asfáltica	90
Capítulo 6 Análisis Técnico-Económico del Empleo de Agregados Altamente Absorbentes en el Diseño de Mezclas Asfálticas	95
Cuadro 6.1 Volúmenes de los Componentes por m ³ de Carpeta Asfáltica-Cusco	98
Cuadro 6.1.1 Costo de Mezcla Asfáltica con Agregados de Cusco	99
Cuadro 6.2 Volúmenes de los Componentes por m ³ de Carpeta Asfáltica-Arequipa	102
Cuadro 6.2.1 Costo de Mezcla Asfáltica con Agregados de Arequipa	103

INTRODUCCIÓN

Un factor que debe ser tomado en cuenta cuando se diseñan mezclas asfálticas para pavimentos en zonas de altura, es el porcentaje de absorción de los materiales locales, que debido a que; como es el caso de análisis de la presente tesis; si los agregados son de origen volcánico presentan alta absorción, disminuyendo así el contenido de asfalto efectivo.

Después de la producción de la mezcla asfáltica, los agregados continúan absorbiendo asfalto (transporte y esparcido de la mezcla), lo cual depende de la variabilidad de distancias entre planta de asfalto-zona del proyecto y de las dificultades que se puedan presentar en obra. Dado que no se conoce la cantidad precisa de asfalto que se pierde por absorción, se requieren cantidades adicionales de cemento asfáltico (cantidades inexactas que ocasionan un costo perdido) o simplemente no se consideran, incidiendo directamente en la durabilidad de la mezcla.

El procedimiento del método Marshall empleado actualmente en nuestro país basada en la norma ASTM D 1559(89) para el diseño de mezclas asfálticas, no simula la absorción de asfalto en los agregados, la cual está sujeta a la variabilidad de distancias mencionadas. Sin embargo, el Annual Book of ASTM Standards publicó en el año 2005 la norma ASTM D 6926(04) "Preparation of Bituminous Specimens using Marshall Apparatus" la que permite simular dicha absorción de asfalto indicando curar la mezcla asfáltica antes de su compactación, en un intervalo de tiempo mínimo una hora y máximo dos horas.

La importancia de la presente tesis radica en que, presenta y verifica el procedimiento para hallar el tiempo de curado necesario que permita a los agregados estudiados completar su absorción asfáltica, conociendo así la cantidad precisa de asfalto absorbido, que conlleve a determinar el correspondiente contenido óptimo de asfalto y las propiedades volumétricas

asociadas que aseguren el adecuado desempeño de la mezcla asfáltica para pavimentos en zonas de altura.

Mediante el procedimiento del método Marshall ASTM D 6926(04) es posible llevar a cabo los objetivos planteados, realizando variaciones sobre el tiempo de curado mencionado y analizando su influencia sobre las propiedades de la mezcla asfáltica.

Se tomó como ámbito de estudio la carretera Yura-Patahuasi; ubicada entre las progresivas Km. 25+000 – Km. 53+336; Arequipa, la cual registra como antecedente (año 2002), que al emplear agregados altamente absorbentes de la zona en la fabricación de la mezcla asfáltica, esta presentó deterioro prematuro, por lo que, luego de los estudios correspondientes, se tomó como decisión la remoción de la carpeta asfáltica, con la finalidad de emplear agregados de canteras mas alejadas que no presenten dichos porcentajes de absorción.

Asimismo, se estudiaron agregados utilizados en la carretera Abra Málaga-Carrizales; ubicada entre las progresivas Km. 42+000 – Km. 66+600; Cusco, con la finalidad de comparar la influencia de someter las mezclas asfálticas al proceso de curado, dada la marcada diferencia de absorción que presentan los agregados mencionados.

Capítulo 01.

PANORAMA CONCEPTUAL DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN

PANORAMA CONCEPTUAL DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 MATERIALES PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFÁLTICO

1.1.1 INTRODUCCIÓN

Para construir pavimentos de concreto asfáltico se requieren agregados de alta calidad, con la finalidad de obtener una mezcla resistente y de adecuado comportamiento. Asimismo, el asfalto empleado debe cumplir los requerimientos de calidad cuyo tipo y grado dependen de la ubicación y objeto de la obra, del tipo de pavimento a confeccionar, del clima, de los agregados disponibles de la zona y de la intensidad del tráfico, por ello se hace imprescindible el estudio en el laboratorio de dichos materiales, con la garantía de diseñar una mezcla que produzca un pavimento que se desempeñe bien y dure más.

1.1.2 AGREGADOS

Son denominados también áridos, material granular o agregado mineral, conforman del 90 al 95% en peso y del 75 al 85%, en volumen de la mayoría de mezclas asfálticas, cumpliendo con cierta granulometría y propiedades físico mecánicas, por lo que se deduce que la calidad del agregado usado es un factor crítico en el comportamiento del pavimento.

1.1.2.1 CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS

SEGÚN LA ROCA DE PROCEDENCIA

Debido a los fenómenos geológicos internos y externos de la tierra, esta clasificación está basada en el tipo de formación de la roca de la cual proceden.

A.- ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias se forman por el endurecimiento o litificación de sedimentos acumulados en diferentes medios y a través de procesos diversos, estos sedimentos están constituidos por fragmentos de rocas (ígneas, metamórficas y sedimentarias), minerales, restos orgánicos, etc.

Desde un punto de vista práctico son clasificados como *Agregados Calizos*, empleados generalmente en todas las capas del pavimento, sin embargo, debido a la facilidad que tienen de pulimentarse en condiciones de servicio en algunas ocasiones no se emplea como agregado grueso en capas de rodadura, su carácter es básico, normalmente presentan menores problemas de adhesividad (afinidad con los ligantes asfálticos).

B.- ROCAS ÍGNEAS

Las rocas ígneas se forman por el enfriamiento y cristalización del magma. Si la velocidad de solidificación del magma es lenta, y la solidificación ocurre a gran profundidad, las rocas ígneas se denominan *Intrusivas, Plutónicas o Abisales*. Cuando la velocidad de solidificación del magma es media, y la solidificación ocurre a profundidad media, las rocas ígneas se denominan *Filonianas o Hipoabisales*. Finalmente; si la velocidad de solidificación del magma es rápida, y la solidificación ocurre superficialmente (erupción volcánica), las rocas ígneas se denominan *Extrusivas o Volcánicas*.

Desde un punto de vista práctico, se clasifican como *Agregados Silíceos*, estos materiales son muy empleados en todas las capas de los pavimentos, normalmente no favorecen una suficiente adhesividad con los ligantes asfálticos; sin embargo; si el material obtenido tiene un elevado contenido de sílice y de caras de fractura, sus características mecánicas y su rozamiento interno proporcionan un esqueleto mineral bueno para utilizarlo incluso en mezclas asfálticas sometidas a la acción directa del tráfico.

C.- ROCAS METAMÓRFICAS

Las rocas metamórficas son resultado de cambios estructurales, químicos y mineralógicos de rocas pre existentes (ígneas o sedimentarias) debidos a acciones de presión, calor y fluidos químicamente activos, ocurridos bajo la superficie.

Existen dos tipos de metamorfismo: *De Contacto* y *Regional o Dinámico*, y de acuerdo al grado que presenten, se obtienen estructuras foliadas (esquistadas) o masivas.

Desde un punto de vista práctico se clasifican como *Agregados Ígneos y Metamórficos*; de acuerdo a sus características son empleados como agregados gruesos en las capas de rodadura, resisten al pulimento, garantizando así una textura superficial adecuada para soportar incluso tráfico muy intensos. Los agregados de naturaleza más ácida; en este grupo de rocas; pueden presentar una deficiente adhesividad con los ligantes asfálticos, pudiéndose resolver el problema con aditivos, emulsiones adecuadas, y en el caso de mezclas asfálticas con el empleo de finos de naturaleza básica y un polvo mineral adecuado.

SEGÚN SU ORIGEN

El tipo de agregado pétreo se puede determinar de acuerdo a la procedencia y a la técnica empleada para su aprovechamiento.

A.- AGREGADOS NATURALES

Son aquellos que se utilizan solamente después de una modificación de su distribución de tamaño para adaptarse a las exigencias según su disposición final. Los agregados naturales son los más usados en la técnica de carreteras, se extraen de canteras y yacimientos (areneros, graveras, etc.) ya sea de origen eólico, fluvial o marino. La forma como se explota a los agregados es muy importante, pues de ello depende la obtención de un agregado correcto.

Las características físicas de los agregados empleados, están relacionados con la naturaleza mineralógica de la roca de procedencia. La elección del agregado a

emplear depende fundamentalmente de las disponibilidades de materiales en las zonas cercanas a la obra.

B.- AGREGADOS PROCESADOS

Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera o de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Existen dos fuentes de agregados procesados: *gravas naturales* (aquellas que tienen que ser trituradas para utilizarlas en mezclas asfálticas) y *fragmentos de lecho de roca y piedras grandes* (aquellos que necesariamente se les debe reducir el tamaño para poder ser usados como material de pavimentación).

La trituración de las rocas tiene por objetivo: reducir de tamaño los agregados y mejorar su gradación, cambiar su textura de lisa a rugosa, y cambiar su forma de redondeada a forma angular.

C.- AGREGADOS SINTÉTICOS O ARTIFICIALES

La mayoría de agregados empleados en la construcción de pavimentos proceden de la fragmentación de las rocas, pero dado a que existen consideraciones de tipo ambiental, energético y eventual escasez de agregados naturales; así como la necesidad de características especiales para un determinado proyecto; implica la probabilidad de utilizar agregados artificiales.

Los agregados artificiales o sintéticos no existen en la naturaleza. Se pueden mencionar algunos de los agregados artificiales, los cuales son **subproductos** de procesos industriales: escorias cristalizadas de alto horno, escorias de acería, cenizas volantes de centrales térmicas, escorias de incineración de residuos sólidos urbanos, desechos de industrias cerámicas y del vidrio, desechos de explotaciones mineras, etc.

A los agregados que provienen del tratamiento industrial de agregados naturales, se les denomina agregados **manufacturados**, de los cuales se pretende conseguir ciertas características especiales para capas de rodadura y elevada resistencia al deslizamiento.

DE ACUERDO A SU TAMAÑO

A.- AGREGADO GRUESO

La normativa American Society for Testing Materials (ASTM), define al agregado grueso como el material retenido por el tamiz N° 4 (4.75 mm). Las especificaciones del agregado grueso se dan en la norma ASTM D692.

B.- AGREGADO FINO

Según la normativa ASTM el agregado fino está definido como el material que pasa por el tamiz N° 4 (4.75 mm). Las especificaciones del agregado fino se dan en la norma ASTM D1073.

C.- POLVO MINERAL (FÍLLER)

La normativa ASTM define como polvo mineral a las fracciones de agregado fino que pasan el tamiz N° 200 (0.075 mm) en un porcentaje mínimo de 70%. Las especificaciones del polvo mineral se dan en la norma ASTM D242.

1.1.2.2 PROPIEDADES DE AGREGADOS PÉTREOS

Los agregados que se emplean en mezclas asfálticas en caliente deben cumplir ciertas características mecánicas, tales como: tamaño y gradación, limpieza (materiales deletéreos), tenacidad (dureza), durabilidad (resistencia), textura superficial, forma de partículas, absorción, y afinidad por el asfalto.

Las consideraciones principales acerca del empleo de los agregados pétreos en mezclas asfálticas son:

a.- Naturaleza e identificación; se deberá evaluar la naturaleza petrográfica de los agregados, el grado de alteración de los componentes minerales, la porosidad y sus propiedades químicas.

b.- Propiedades geométricas; básicamente se considera la forma y angulosidad de la partículas, y con relación al conjunto del esqueleto mineral se estudia la distribución granulométrica.

La forma de las partículas del agregado grueso afecta fundamentalmente, al esqueleto mineral. La angulosidad influye junto a la textura superficial de las partículas, en la resistencia del esqueleto mineral por su contribución al rozamiento interno. Los agregados pétreos generalmente más deseados para la elaboración de mezclas asfálticas son aquellos con una alta proporción de partículas aproximadamente equidimensionales (agregados angulosos de formas cúbicas).

c.- Propiedades mecánicas; se evalúa los parámetros básicos de resistencia al desgaste y al pulimento. La resistencia al desgaste es un factor predominante en la evolución del comportamiento de la capa de rodadura después de su puesta en servicio, dicha resistencia se evalúa a través de ensayos de laboratorio (ensayo Los Ángeles).

La resistencia al pulimento de las partículas del agregado, es la resistencia a perder aspereza en su textura superficial, tiene gran importancia desde el punto de vista de la resistencia al deslizamiento cuando dichas partículas van a ser empleadas en una capa de rodadura.

d.- Adhesividad y resistencia al desplazamiento; la adhesividad de los agregados pétreos con los ligantes asfálticos es de gran importancia, debido a que se pueden presentar fenómenos fisicoquímicos en la superficie de los agregados empleados en las capas de los pavimentos.

Los defectos de adhesión se representan en la ruptura de las fuerzas de unión entre el agregado y su cubierta de conglomerante asfáltico, produciendo una separación física. Por ello los agregados se clasifican en ácidos y básicos.

- Agregados Ácidos

La acidez es por lo general consecuencia de una polaridad negativa y un alto contenido de sílice y determina una gran afinidad del agregado por el agua (*Agregados Hidrófilos*). La adhesividad entre los agregados silíceos (o ácidos en general) y los ligantes asfálticos no es buena, pudiendo llegar a ser necesaria la disminución de la tensión superficial del ligante mediante

procesos de activación en los que se carga electropolarmente con la finalidad de crear adhesividad.

- Agregados Básicos

Son menos hidrófilos que los silíceos y se cargan positivamente en presencia de agua. Pueden presentar cierta atracción por los ácidos libres en los ligantes y, en consecuencia, una mejor adhesividad con los mismos.

La resistencia al deslizamiento del ligante depende de factores físicos (textura y porosidad del agregado, viscosidad y tensión superficial del ligante, espesor de la película de ligante, etc.) y químicos (relativos al ligante y al agregado), correspondientes a los fenómenos fisicoquímicos mencionados anteriormente.

Los agregados debido a su alta afinidad con el agua, tienden a desplazar por el agua la cubierta de asfalto sobre las partículas de agregado, a ésta acción se le denomina *Stripping* y tiende a reducir la vida del pavimento.

f.- Ausencia de impurezas; los agregados pétreos deberán estar libres de impurezas capaces de afectar el buen comportamiento de las capas; es decir; limpios, libres de materia orgánica, polvo o arcillas. El empleo de agregados sucios puede provocar degradación. Se establece en las normas que todos los agregados finos deben tener reducida plasticidad e incluso que no sean plásticos en la mayoría de los casos.

1.1.3 CEMENTO ASFÁLTICO

El cemento asfáltico es el residuo de destilación al vacío del crudo de petróleo, de consistencia semisólida, de color negro y altamente viscoso. La calidad del cemento asfáltico está afectada por las propiedades del crudo; que puede variar mucho aún dentro de un mismo yacimiento; y por el sistema de refinación que se haya empleado.

El cemento asfáltico es un material termoplástico (se ablanda cuando es calentado y se endurece cuando se enfría), reológico, ideal para aplicaciones en

trabajos de pavimentación, pues además de sus propiedades aglutinantes e impermeabilizantes, posee características de flexibilidad y alta resistencia a la acción de la mayoría de ácidos, sales y álcalis.

El cemento asfáltico provee el ligante para el pavimento de concreto asfáltico, aproximadamente entre el 4 a 7% en peso de la mezcla asfáltica, dependiendo de la gradación y del tamaño máximo nominal del agregado.

La cantidad de ligante asfáltico incorporado a la mezcla de pavimentación es importante puesto que si la mezcla contiene poco asfalto el pavimento tiende a deshacerse, a volverse quebradizo y agrietarse. Sin embargo, si se usa demasiado asfalto en la mezcla, el pavimento tiende a ser inestable presentándose exudaciones, deformaciones plásticas, resultando peligroso para el tráfico.

1.1.3.1 CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO

El grado de cemento asfáltico seleccionado para cada diseño de pavimento debe estar en función al clima, tráfico y la resistencia de la base. El cemento asfáltico se clasifica en el Perú principalmente por:

A.- POR PENETRACIÓN

La clasificación por Penetración describe sólo la consistencia a temperatura de 25 °C. Las propiedades a bajas temperaturas no son directamente medidas con el sistema actual de clasificación.

Penetración 25 °C				
PEN 40-50	PEN 60-70	PEN 85-100	PEN 120-150	PEN 200-300

El ensayo de Penetración los clasifica en grados según su dureza o consistencia medida en décimas de milímetros. Un alto valor de penetración 200-300 representa un cemento asfáltico blando, mientras que el valor mas bajo de penetración 40-50 representa el grado mas duro en nuestro medio.

B.- POR VISCOSIDAD

Esta clasificación está basada en el ensayo de viscosidad del cemento asfáltico original, el cual utiliza una temperatura de 60 °C como temperatura de ensayo.

Clasificación por Viscosidad 60 °C
(Clasificación basada en el Cemento Asfáltico Original)

Grado de Viscosidad	AC – 2.5	AC – 5	AC – 10	AC – 20	AC – 30	AC – 40
Viscosidad a 60°C, poises	250±50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800

Si bien la Viscosidad es un indicador fundamental del flujo, sólo suministra información sobre el comportamiento viscoso a alta temperatura, (60 °C a 135 °C), y no sobre el comportamiento elástico a baja temperatura, condición requerida para predecir el comportamiento de un asfalto bajo servicio en zonas de climas extremos.

C.- POR VISCOSIDAD DESPUES DE ENVEJECIMIENTO

Clasificación basada en el residuo del ensayo de película delgada en horno Rotatorio (TFOT), el cual utiliza una temperatura de 60 °C como temperatura de ensayo. El objeto de esta clasificación es identificar cuáles serán las características de viscosidad después que se ha colocado el asfalto en el pavimento.

Clasificación por Viscosidad 60 °C
(Clasificación basada en el Residuo del Ensayo TFOT)

Grado de Viscosidad	AR – 10	AR – 20	AR – 40	AR – 80	AR – 160
Viscosidad a 60°C, poises	1000±250	2000±500	4000±1000	8000±2000	16000±4000

D.- GRADO DE PERFORMANCE

Clasificación basada en el comportamiento o *performance*, desarrollado por la Strategic Highway Research Program (SHRP) en el sistema SUPERPAVE (Superior Performing Asphalt Pavement). Este sistema proporciona tres métodos

con los cuáles es posible elegir el grado de ligante asfáltico que mejor se adapte a las condiciones del proyecto:

- Por áreas geográficas ; A través del uso de mapas de temperaturas especialmente diseñados.
- Por temperatura del aire ; Que luego se convierten en temperaturas del pavimento.
- Por temperatura del pavimento de diseño ; Determinadas por el proyectista.

El siguiente cuadro muestra los grados asfálticos contenidos en la especificación Superpave, donde se indican las temperaturas superiores e inferiores que los grados asfálticos resisten adecuadamente, con la finalidad de maximizar la resistencia a deformaciones permanentes, fisuras por fatiga y fisuramiento térmico.

Grado Asfáltico, alta temperatura (°C)	Grado Asfáltico, bajas temperaturas (°C)
PG 46	-34, -40, -46
PG 52	-10, -16, -22, -28, -34, -40, -46
PG 58	-16, -22, -28, -34, -40
PG 64	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG 70	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG 76	-10, -16, -22, -28, -34
PG 82	-10, -16, -22, -28, -34

Es decir para cada temperatura alta existen varias temperaturas bajas que conforman a un grado asfáltico determinado, por ejemplo, un PG 46 podría ser PG 46-34 ó PG 46-40 ó PG 46-46 que significa que resiste; hasta siete días corridos; desde 46 °C de temperatura promedio del periodo considerado, hasta una temperatura mínima de -34 °C, ó -40 °C, ó -46 °C.

1.2 COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

1.2.1 INTRODUCCIÓN

Las proporciones relativas de los componentes de la mezcla asfáltica (agregados minerales y ligante asfáltico), determinan las propiedades físicas de la mezcla y, eventualmente, el comportamiento funcional del pavimento terminado. Por lo tanto, el comportamiento de la mezcla asfáltica se ve afectado tanto por las propiedades individuales del agregado mineral y del asfalto, como por la interrelación de ambos componentes dentro del sistema.

1.2.2 COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO ASFÁLTICO

La susceptibilidad a la temperatura, la viscoelasticidad y el envejecimiento son las características más importantes del cemento asfáltico. Es preciso, especificar la temperatura de ensayo y la velocidad de carga para interpretar adecuadamente los resultados de los ensayos sobre los cementos asfálticos y mezclas asfálticas.

Cuando la carga sostenida es baja (movimientos lentos) y está sujeto a temperaturas altas (mayores a 60 °C), el cemento asfáltico actúa como un líquido viscoso y tiene un comportamiento plástico, es decir, una vez que comienza a fluir no regresa a su posición original.

Cuando está sometido a cargas repetidas (movimientos rápidos de camiones) y está sujeto a temperaturas bajas (menores a 0 °C), el cemento asfáltico se comporta como un sólido elástico, es decir cuando se somete bajo cargas se deforma y cuando es descargado regresa a su estado original. Sin embargo, a pesar que el cemento asfáltico es un sólido elástico a bajas temperaturas, si se carga excesivamente puede llegar a ser muy frágil y agrietarse.

Cuando el rango de temperatura es intermedio respecto a los límites mencionados, el asfalto presenta ambas características, las de un fluido viscoso y las de un sólido elástico, condición que se da en un pavimento en servicio.

Una vez que el asfalto se enfría, actúa como un pegamento que mantiene al agregado junto en una matriz sólida, en esta etapa el cemento asfáltico presenta un comportamiento *viscoelástico*.

La composición química del asfalto es una característica importante, debido a que las moléculas orgánicas por las que están compuestas, reaccionan con el oxígeno del medio ambiente generando la oxidación, donde la estructura del asfalto se vuelve más frágil, denominándose *endurecimiento por oxidación o endurecimiento por envejecimiento*.

Debido a este tipo de endurecimiento, los pavimentos asfálticos nuevos pueden ser propensos a este fenómeno si no se compactan adecuadamente, la falta de compactación origina un alto contenido de vacíos en la mezcla, lo que facilita el ingreso de una mayor cantidad de aire a la mezcla asfáltica, incrementando el endurecimiento por oxidación. A altas temperaturas la oxidación se produce más rápidamente, entonces parte del endurecimiento ocurre durante el proceso de producción, cuando es necesario calentar el cemento asfáltico para el mezclado y la compactación.

Otra forma de endurecimiento es la *volatilización*; la cual ocurre durante el mezclado y la construcción, cuando los componentes volátiles del asfalto tienden a evaporarse; y el *endurecimiento físico*; ocurre cuando el cemento asfáltico se expone a bajas temperaturas por periodos largos, y se hace mas notable a temperaturas menores a 0 °C.

1.2.3 COMPORTAMIENTO DEL AGREGADO MINERAL

Los agregados pétreos deben proporcionar a la mezcla una estructura capaz de resistir las aplicaciones repetidas de carga a las que un pavimento esta expuesto. Los agregados de textura rugosa con formas cúbicas, proporcionan más resistencia interna que los de textura lisa y de formas redondeadas.

Un agregado de forma redondeada podría poseer la misma resistencia interna que otro de forma angular, sin embargo las partículas angulares tienden a

cerrarse más apretadamente resultando una masa más compacta. Las partículas redondeadas, en lugar de trabarse, tienden a deslizarse unas sobre otras.

Cuando una masa de agregados es cargada puede generarse dentro de la masa un plano por el cual las partículas sean deslizadas o cizalladas unas respecto a las otras, lo cual resulta en una deformación permanente de la masa.

Sin embargo, con el propósito de asegurar una mezcla de materiales resistentes para la mezcla asfáltica en caliente, se han especificado propiedades del agregado que mejoran la fricción interna (ensayo de caras de fractura en el agregado grueso).

1.2.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

Los factores más importantes que componen la mezcla asfáltica e influyen en su comportamiento son:

Naturaleza del cemento asfáltico

La susceptibilidad térmica es un factor que incide directamente en el comportamiento de la mezcla asfáltica. Es decir, si se hace una comparación en cuanto a la elección del asfalto para la elaboración de la mezcla, se observa que si se emplean asfaltos rígidos, estos son menos propensos a las variaciones de temperatura y velocidad de aplicación de carga, por lo que tienen mayor vida a la fatiga.

Si se eligen asfaltos blandos, estos hacen que la mezcla asfáltica sea más susceptible a las variaciones de temperatura y velocidad de aplicación de carga, y por lo tanto son más propensos a la deformación permanente.

Contenido de asfalto

Este factor es el más influyente en el comportamiento de la mezcla asfáltica, pues depende si el contenido de asfalto se encuentra por debajo o por encima del contenido óptimo de asfalto. Es decir, si se tienen valores de porcentajes de asfalto por debajo del óptimo, la resistencia mecánica y la resistencia a la fatiga

aumentan con el incremento del contenido de asfalto. Y si se tienen valores de porcentajes de asfalto por encima del óptimo, se presenta una disminución de las características mecánicas de la mezcla, incluso con aumento del riesgo a sufrir deformación permanente.

Porcentaje de vacíos

El menor contenido de vacíos en las mezclas asfálticas, no implica el mismo comportamiento, es decir, las mezclas asfálticas con menor porcentaje de vacíos tienen una mayor vida a la fatiga, sin embargo en el caso de la deformación permanente sucede lo contrario; para mezclas con porcentajes de vacíos menores al 3% la susceptibilidad a la deformación permanente es mayor.

Granulometría

La curva granulométrica influye a través de dos factores en el comportamiento de la mezcla asfáltica: el tamaño máximo del agregado y el tipo de curva (continua o discontinua). Ambos factores influyen en el porcentaje de vacíos y en consecuencia, sobre la resistencia a la fatiga y la deformación permanente.

Forma y textura del agregado pétreo

La mezcla asfáltica presenta mayor porcentaje de vacíos, cuando se emplean agregados redondeados y lisos, resultando más fáciles de compactar. Cuando se emplean agregados triturados (angulosos con superficies rugosas), la mezcla asfáltica presenta un menor porcentaje de vacíos, por lo tanto un módulo de rigidez más alto, resultando generalmente más difíciles de compactar.

Contenido de finos

El polvo mineral; junto con el ligante; forman una masa asfáltica cuya calidad tiene una importancia fundamental en el comportamiento reológico, impermeabilidad y durabilidad de la mezcla asfáltica. La incorporación de finos en las curvas granulométricas reduce el porcentaje de vacíos, por consiguiente el módulo de rigidez de la mezcla asfáltica aumenta.

1.3 PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

1.3.1 INTRODUCCIÓN

La mezcla asfáltica consiste en la combinación de agregados minerales, aglomerados mediante un ligante asfáltico, y mezclados de tal manera que los agregados pétreos quedan cubiertos por una película uniforme de asfalto.

El comportamiento de la mezcla asfáltica puesta en servicio, está íntimamente ligado a dos propiedades fundamentales de las mezclas asfálticas compactadas: vacíos de aire y vacíos en el agregado mineral (VMA).

1.3.2 DEFINICIONES

En una mezcla asfáltica se tienen tres fases; el agregado mineral representa la fase sólida, el asfalto representa la fase líquida y el aire representa la fase gaseosa.

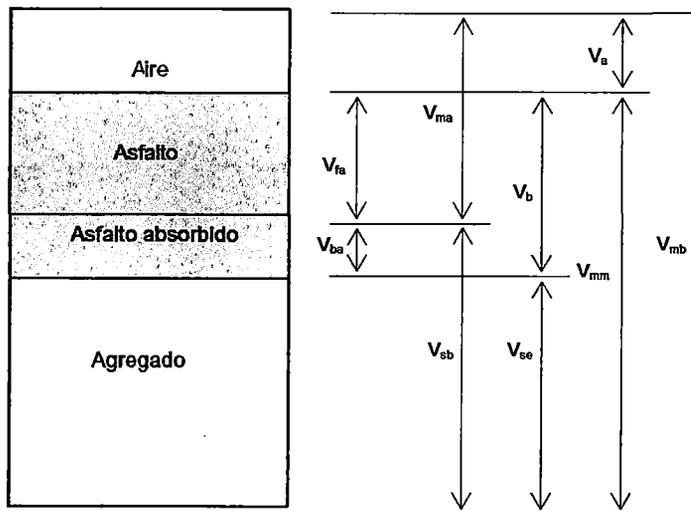
El agregado mineral es por naturaleza poroso, y puede absorber agua y asfalto a un grado variable. El cociente de absorción entre el agua y el asfalto varía con el tipo de agregado. Una parte del asfalto es absorbido por los poros del agregado, por lo que una porción del asfalto y agregado comparten espacio, denominándose a esta porción *asfalto absorbido*.

La *fase del volumen de asfalto* se puede subdividir en volumen de asfalto efectivo y volumen de asfalto absorbido, igualmente la *fase de volumen de agregado*, se puede subdividir en volumen de agregado total y volumen de agregado efectivo.

Las fases de asfalto efectivo y de aire de la mezcla, se considera como volumen de vacíos en el agregado mineral (VMA), y la fase de aire se considera como volumen de aire en la mezcla.

Si los vacíos en la mezcla contienen únicamente asfalto, se dice que los vacíos están llenos, y se estima que la mezcla ha alcanzado su máxima densidad teórica. Sin embargo, cuando existe tanto aire como asfalto, se considera que parte de los vacíos están llenos con asfalto, y que la mezcla ha alcanzado un determinado grado de saturación.

Figura 1.1
Diagrama de Fases de las Propiedades Volumétricas
de la Mezcla Asfáltica Compactada



Donde:

- V_{ma} = Volumen de vacíos en el agregado mineral
- V_{mb} = Volumen total de la mezcla asfáltica compactada
- V_{mm} = Volumen de la mezcla asfáltica sin vacíos
- V_{fa} = Volumen de vacíos llenados con asfalto
- V_a = Volumen de vacíos de aire
- V_b = Volumen de asfalto
- V_{ba} = Volumen de asfalto absorbido
- V_{sb} = Volumen total de agregado
- V_{se} = Volumen efectivo de agregado

A modo general, se presentan las definiciones de las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica compactada:

Contenido de asfalto efectivo

Es el contenido total de asfalto de una mezcla asfáltica, menos la proporción de asfalto absorbido en las partículas del agregado.

Vacíos de aire (V_a)

Es el volumen total de espacios de aire entre las partículas de agregado recubiertas. Su volumen total se expresa como porcentaje del volumen real de la mezcla asfáltica compactada.

Vacíos del agregado mineral (VMA)

Es el volumen de los espacios vacíos intergranulares entre las partículas del agregado de una mezcla asfáltica compactada, expresado como un porcentaje del volumen total de la muestra (incluye los vacíos de aire y el contenido de asfalto efectivo).

Vacíos llenados con asfalto (VFA)

Porcentaje del volumen de vacíos entre las partículas del agregado (VMA) que es ocupado por el asfalto efectivo.

1.3.3 INFLUENCIA DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO EN LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS

Existen tres métodos que permiten medir la gravedad específica del agregado:

Gravedad específica bulk (G_{sb}); es la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario de agregado y la masa de igual volumen de agua, ambos a la misma temperatura.

Gravedad específica aparente (G_{sa}); es la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (considerado sólo el volumen del sólido del agregado) y la masa de igual volumen de agua destilada, ambos a la misma temperatura.

Gravedad específica efectiva (G_{se}); es la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (considerado sólo el volumen de los poros permeables al agua no llenos con asfalto) y la masa de igual volumen de agua destilada, ambos a la misma temperatura.

Es muy importante usar la gravedad específica efectiva (G_{se}) cuando se calcula el contenido de vacíos de aire (V_a), y la gravedad específica bulk (G_{sb}) para calcular los vacíos en el agregado mineral (VMA) en la mezcla asfáltica compactada. Si se utilizan otras gravedades específicas se obtienen parámetros volumétricos muy diferentes, haciendo parecer que la mezcla cumple o no con los requerimientos de diseño.

Si se emplea la gravedad G_{sb} , se asume que todos los poros permeables al agua son llenados con asfalto, pero el asfalto no será absorbido dentro de todos los poros del agregado, y en consecuencia la mezcla tendrá un contenido de asfalto alto y un contenido de aire bajo.

Si se usa la gravedad G_{se} , solo los poros del agregado que absorben asfalto son tomados en cuenta, por lo que cuando ésta gravedad es utilizada se está considerando sólo el volumen de los poros que absorben asfalto.

Si se utiliza la gravedad G_{sa} , no se toman en cuenta los poros permeables al agua ni el asfalto. Si el agregado absorbe asfalto, la mezcla podría tener un contenido de asfalto bajo y un contenido de aire alto.

Capítulo 02.

SINOPSIS DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN

SINOPSIS DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

Las especificaciones técnicas de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones marcan una diferencia de parámetros respecto a los requerimientos de agregados gruesos y finos, cuando se emplean en la construcción de pavimentos asfálticos comprendidos en zonas cuya altitud superan los 3,000 m.s.n.m, con la finalidad de asegurar un buen desempeño de los mismos, debido a que se encuentran afectados constantemente por bajas temperaturas, gradiente térmico, radiación solar intensa, efectos de flujos de agua superficial y subterránea; y además; por las características de los materiales locales.

En zonas de altura de nuestro país existen agregados procedentes de bancos rocosos de origen volcánico, que dada su naturaleza y formación se caracterizan por presentar bajo peso específico y alta absorción, por lo que su empleo en la fabricación de mezclas asfálticas afecta directamente a la durabilidad de la carpeta de rodadura del pavimento, conllevando en muchos casos a la búsqueda de nuevas fuentes de materiales; lo que involucra largas distancias de transporte de los agregados (mayores a 80 Km. en algunos casos).

2.2 ANTECEDENTES

El diseño de mezclas asfálticas respecto al método Marshall; norma MTC E 504 (basada en la ASTM 1559) especificaciones técnicas EG-2000; indica que la mezcla asfáltica se realiza combinando agregados y cemento asfáltico; a temperatura de mezcla; compactándose inmediatamente la mezcla. Sin embargo, este procedimiento no simula la absorción real de asfalto en los agregados, la cual está sujeta a la variabilidad de distancias desde la producción

de la mezcla hasta su colocación en obra (tiempo de almacenamiento, carga, transporte, espera, descarga y esparcido).

Por consiguiente, se tiene alta absorción de cemento asfáltico en la mezcla colocada, disminuyendo así el porcentaje de asfalto efectivo, y por lo tanto, la reducción del grosor de la película de recubrimiento en los agregados, que en casos de altura inciden directamente en el comportamiento de la mezcla.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente, las normas para carreteras de nuestro país establecen un porcentaje máximo de 1% de absorción para los agregados a emplear en el diseño de mezclas asfálticas, y en caso de zonas de altura (altitudes mayores a 3,000 m.s.n.m) no especifican el porcentaje de absorción que deben cumplir los agregados; especialmente si son agregados altamente absorbentes; lo cual implica que se apliquen criterios variables, se opte por el cambio de cantera (ocasionando una inversión adicional en obra) o se utilicen dichos agregados bajo los diseños estándares conocidos ocasionando el deterioro prematuro de la mezcla, y por ende, de la vía.

Dada la problemática expuesta, el presente trabajo consiste en realizar ensayos de laboratorio, efectuando para ello variaciones respecto al tiempo de curado (tiempo en que la mezcla asfáltica es colocada al horno, antes de ser compactada) empleando el método Marshall, simulando el tiempo durante el cual sucede la absorción de asfalto en los agregados desde la producción de la mezcla hasta su colocación en obra.

De esta manera, se pretende contribuir con la estandarización del uso de estos tipos de agregados en el diseño de mezclas asfálticas, aprobación del empleo de canteras antes rechazadas, y por lo tanto la disminución de la distancia del transporte de dichos agregados.

2.4 OBJETIVOS Y UTILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

a) OBJETIVO GENERAL

La presente investigación pretende contribuir con las normas para la construcción de carreteras del Perú, determinando el porcentaje real de absorción de asfalto, especialmente para el empleo de agregados altamente absorbentes en el diseño de mezclas asfálticas.

b) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer un procedimiento teórico experimental mediante la aplicación del método Marshall, para determinar el tiempo de curado adecuado de los agregados; fundamentalmente si poseen alta absorción; controlando las propiedades volumétricas que influyen en el diseño de mezcla.
- Evaluar el comportamiento inicial del Cemento Asfáltico PEN 120-150; de acuerdo al grado de absorción de los agregados; a medida que se incrementan las cantidades de asfalto y la mezcla asfáltica sea curada al horno durante un tiempo determinado.
- Realizar un Análisis Técnico-Económico, con fines de evaluar el uso de los agregados altamente absorbentes en el diseño de mezclas asfálticas.

2.5 HIPÓTESIS

El porcentaje real de absorción de asfalto; para agregados altamente absorbentes; se puede obtener a partir de ensayar muestras con diferentes tiempos de curado; previos al proceso de compactación de laboratorio; determinando para cada caso propiedades volumétricas, pesos específicos, trabajabilidad y resistencia a la humedad de la mezcla, a fin de establecer la relación: *Tiempo de curado - Absorción de asfalto en los agregados.*

2.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Inicialmente se realizó la caracterización de los materiales (agregados gruesos, finos, filler y cemento asfáltico), los que fueron sometidos a Ensayos Marshall realizando variaciones respecto al tiempo de curado de las mezclas asfálticas antes de ser compactadas.

Posteriormente, se determinó el contenido óptimo de asfalto, y de acuerdo al análisis y comparación de resultados, se eligió el contenido de asfalto que brinda mejor comportamiento a la mezcla asfáltica obtenida.

Finalmente, se procedió a la evaluación e interpretación de resultados respecto a la influencia de los tiempos de curado y el comportamiento mecanístico de la mezcla.

2.6.1 ESTRATEGIA

Se eligió como ámbito de estudio los departamentos Cusco y Arequipa (altitudes mayores a 3000 m.s.n.m), con la finalidad de establecer una comparación; respecto al grado de absorción que presentan los agregados correspondientes; del efecto de las propiedades volumétricas de las mezclas asfálticas cuando son sometidas a procesos de curado.

2.6.1.1 PROCEDENCIA DEL MATERIAL EMPLEADO

AGREGADOS PÉTREOS

▪ *Agregados procedentes del Departamento de Cusco*

Ubicación

Los agregados estudiados en la presente investigación corresponden al Tramo I de la carretera Abra Málaga - Alfamayo, empleados en la fabricación de mezcla asfáltica de superficie específicamente en el sub tramo **Abra Málaga (Km. 42 + 000) - Carrizales (Km. 66 + 600)**, ubicados a una altitud de 4,280 y 3,216 m.s.n.m respectivamente.

La región del proyecto se encuentra comprendida dentro de la jurisdicción política del distrito de Ollantaytambo, provincia de Urubamba, departamento de Cusco. Ver figura 2.1 "Ubicación de la zona de estudio-Cusco".

Clima

El área de influencia del proyecto presenta condiciones climáticas contrastadas, debido a la diferencia altitudinal entre ambos extremos. Desde el Km. 42 +000 al Km. 54 +000, presenta características climáticas propias de alta cordillera, baja temperatura ambiente y un bajo índice de humedad ambiental durante la mayor parte del año, con descensos críticos durante la noche, durante el día presenta abundante irradiación solar (aunque suele ser interrumpida por frecuente nubosidad). Durante los meses de enero a marzo se registran lluvias las cuales suelen ir acompañadas por granizo y precipitación de nieve.

Desde el Km. 54+000 al Km. 66 + 600, presenta temperatura y humedad ambiental moderada. Durante la mayor parte del año, entre los meses enero a marzo se registra la estación de lluvias con índices pluviométricos y temperaturas ambientales significativas que condicionan incremento en la humedad ambiental.

Canteras

El agregado grueso corresponde a piedra chancada (piedra de 3/4" y piedra de 1/2"), procedentes de la **Cantera Canchayoc** ubicada en el Km. 55 + 370 al lado derecho de la carretera Abra Málaga-Carrizales.

El agregado fino corresponde a la combinación de arenas procedentes de la **Cantera Yanahuara** (arena zarandeada) y **Cantera Canchayoc** (arena chancada). La proporción de arenas de la mezcla se efectuó en base al volumen, 50% de cada cantera.

La cantera Yanahuara está ubicada en el Km. -12 + 600 al lado izquierdo de la carretera Abra Málaga-Carrizales.

- **Agregados procedentes del Departamento de Arequipa**

Ubicación

Los agregados estudiados en la presente investigación, fueron utilizados como material de carpeta asfáltica de la carretera Yura-Patahuasi, correspondiente al tramo Km. 25+000 – Km. 53+336, comprendida entre los 3,500 y 4,169 m.s.n.m.

La región del proyecto se encuentra comprendida dentro de la jurisdicción política del distrito de Yura, provincia y departamento de Arequipa. Ver *figura 2.2 "Ubicación de la zona de estudio-Arequipa"*.

Clima

La región de estudio presenta un clima cuya temperatura media anual varía entre los 12 °C y 3 °C, correspondientes a los tramos Yura y Patahuasi respectivamente.

Canteras

El agregado grueso, piedra chancada (piedra de 3/4", piedra de 1/2"), y agregado fino (arena chancada) proceden de la **Cantera Salas** ubicada en el Km. 39 + 500 al lado izquierdo de la carretera.

- **Fíller**

Se utilizó como fíller *Cal Hidratada*, procedente de la calera **Cal de los Andes** ubicada en el distrito de Lurín, departamento de Lima.

ASFALTO

El tipo y grado de material asfáltico que se eligió de acuerdo a las características climáticas de las zonas de estudio (Especificaciones Técnicas EG-2000), fue Cemento Asfáltico PEN 120-150 procedente de la **Refinería Conchán PETROPERÚ**, ubicada en el Km. 26.5 de la antigua carretera Panamericana Sur, distrito de Lurín, departamento de Lima.

Figura 2.1
Ubicación de la Zona de Estudio – Cusco

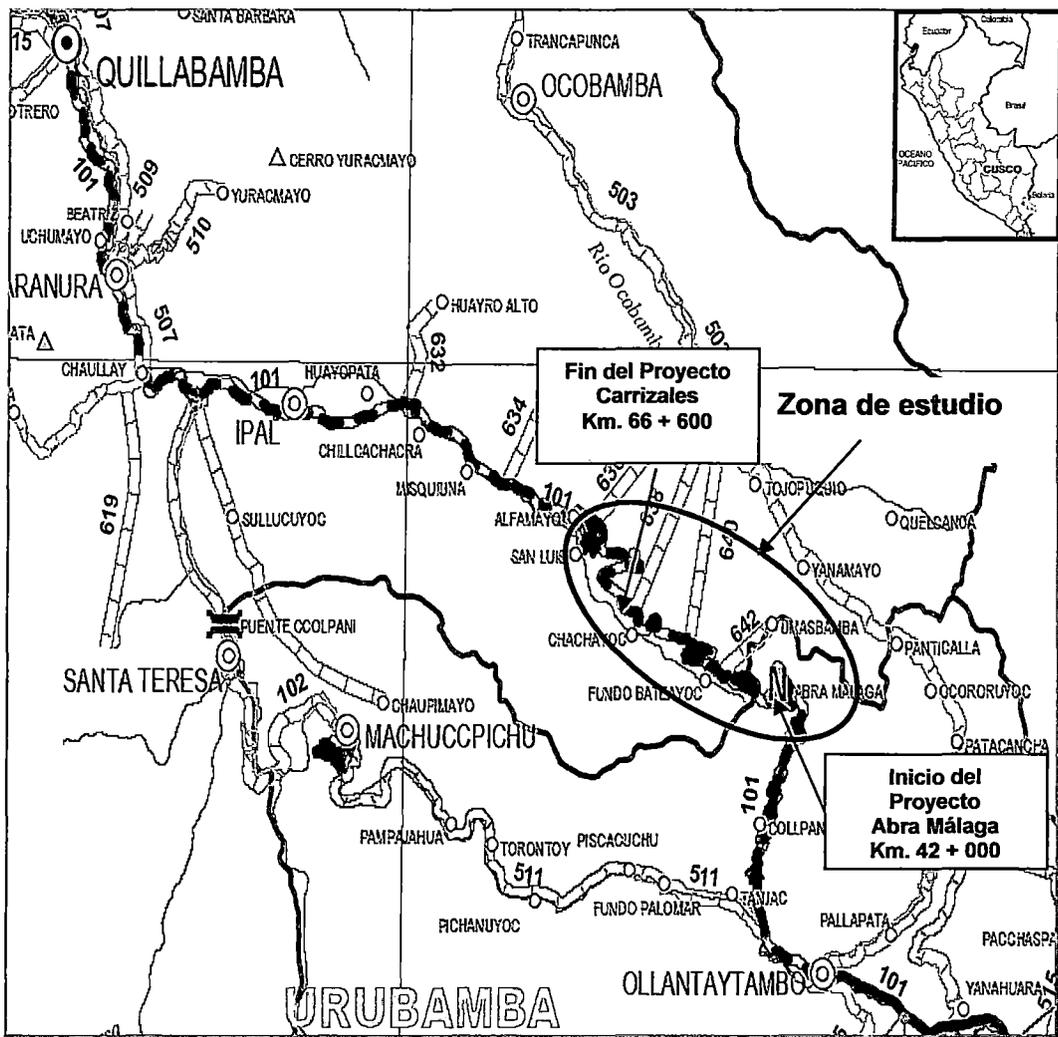
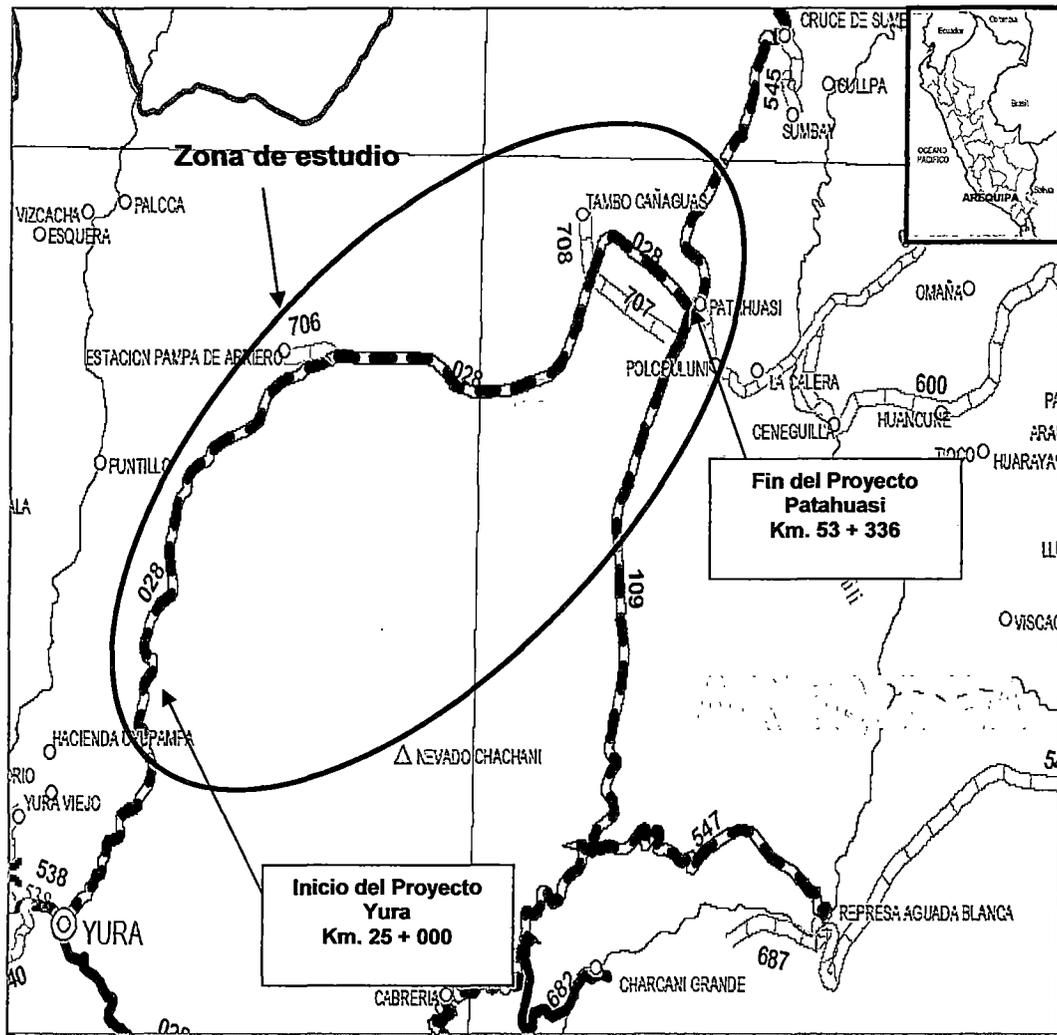


Figura 2.2
Ubicación de la Zona de Estudio - Arequipa



2.6.1.2 FASE EXPERIMENTAL

La fase experimental correspondiente a las mezclas asfálticas empleando agregados de Cusco, fue desarrollada en los siguientes laboratorios:

Laboratorio	Tipo de Ensayos
Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none">- Ensayos de Calidad de Agregados.- Ensayos de Mezclas Asfálticas.
Laboratorio de Refinería Conchán PETROPERU	<ul style="list-style-type: none">- Ensayos de Calidad de Asfalto.

A continuación, se listan los Ensayos de Calidad de Materiales y Mezclas Asfálticas que se realizaron.

A. ENSAYOS DE CALIDAD DE MATERIALES

A.1 Ensayos de Calidad de Agregados Grueso y Fino	Norma
▪ Peso Unitario Suelto de los agregados	NTP 400.017 (99)
▪ Peso Unitario Varillado de los agregados	NTP 400.017 (99)
▪ Análisis Granulométrico de agregados grueso, fino y global	NTP 400.012 (01)
▪ Partículas Chatas y Alargadas del agregado grueso	NTP 400.040 (99)
▪ Contenido de arcillas y partículas friables	NTP 400.015 (02)
▪ Porcentaje de caras de fractura en el agregado grueso (01 a más)	ASTM D 5821 (01)
▪ Porcentaje de caras de fractura en el agregado grueso (02 a más)	ASTM D 5821 (01)
▪ Resistencia de agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto	NTP 400.019 (02)
▪ Inalterabilidad de agregados gruesos por medio del Sulfato de Magnesio (Durabilidad)	NTP 400.016 (99)
▪ Límite Líquido (malla N° 40)	NTP 339.129 (99)
▪ Límite Líquido (malla N° 200)	NTP 339.129 (99)
▪ Límite Plástico (malla N° 40)	NTP 339.129 (99)
▪ Límite Plástico (malla N° 200)	NTP 339.129 (99)
▪ Equivalente de Arena	NTP 339.146 (00)
▪ Peso específico y Absorción del agregado grueso	NTP 400.021 (02)
▪ Peso específico y Absorción del agregado fino	NTP 400.022 (02)
▪ Humedad superficial en el agregado fino	ASTM C 70 (01)
▪ Impurezas orgánicas en arenas (cualitativo)	NTP 400.024 (99)
▪ Sales solubles en agregados de pavimentos flexibles (agregados grueso y fino)	MTC E 219 (00)
▪ Ensayo de Stripping de mezcla agregado-bitumen (Adherencia de grava)	AASHTO T 182
▪ Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (Riedel-Weber)	MTC E 220 (02)

A.2 Ensayo de Calidad del Filler (Cal Hidratada)

Norma

- | | |
|--|-------------------|
| ▪ Fineza de Cal (Malla N° 6,10,30 y 200) | AASHTO C 219 (95) |
| ▪ Gravedad Específica | ASTM C 110 (00) |
| ▪ Límite Líquido (malla N° 40) | NTP 339.129 (99) |
| ▪ Límite Plástico (malla N° 40) | NTP 339.129 (99) |
| ▪ Determinación Química de los componentes de la Cal | AASHTO T 219 (04) |

A.3 Ensayo de Calidad de Asfalto

- | | |
|--|------------------|
| ▪ Penetración a 25 °C | ASTM D 5 (05) |
| ▪ Ductilidad a 25 °C | ASTM D 113 (99) |
| ▪ Punto de Inflamación y llama, Copa abierta Cleveland | ASTM D 92 (05) |
| ▪ Viscosidad Cinemática a 135 °C | ASTM D 2170 (01) |
| ▪ Viscosidad Absoluta a 60 °C | ASTM D 2171 (01) |
| ▪ Solubilidad en Tricloroetileno, % Masa | ASTM D 2042 (01) |
| ▪ Prueba de la Mancha, 25 % Xileno | ASHHTO T 102 |
| ▪ Gravedad Específica, 60/60 °F | ASTM D 70 (03) |
| ▪ Gravedad API | ASTM D 70 (03) |
| ▪ <i>Susceptibilidad Térmica:</i> | |
| Punto de Ablandamiento | ASTM D 36 (00) |
| Índice de Penetración | Pfeiffer V-D |
| Efecto del Calor y del Aire (Película Fina) | ASTM D 1754 (02) |
| – Perdida por calentamiento. % Masa | |
| – Penetración retenida, % de la original | |
| – Ductilidad a 25 °C | |

B. ENSAYOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

- | | |
|--|------------------|
| ▪ Ensayo para medir la resistencia de mezclas bituminosas usando el aparato Marshall | ASTM D 6927 (04) |
| ▪ Peso Específico Teórico Máximo de Mezclas Asfálticas (RICE) | ASTM D 2041 (03) |
| ▪ Índice de Compactabilidad | |
| ▪ Ensayo para evaluar el efecto de agua sobre agregados con recubrimiento bituminoso usando agua hervida | ASTM D 3625 (96) |

2.6.2 RECURSOS

Financiamiento

La presente investigación cuenta con el financiamiento de PETROPERU-REFINERIA CONCHAN.

Recursos Propios

Los materiales sujetos a ensayos de laboratorio tales como, grava, arena, cal hidratada, se obtuvieron con recursos propios.

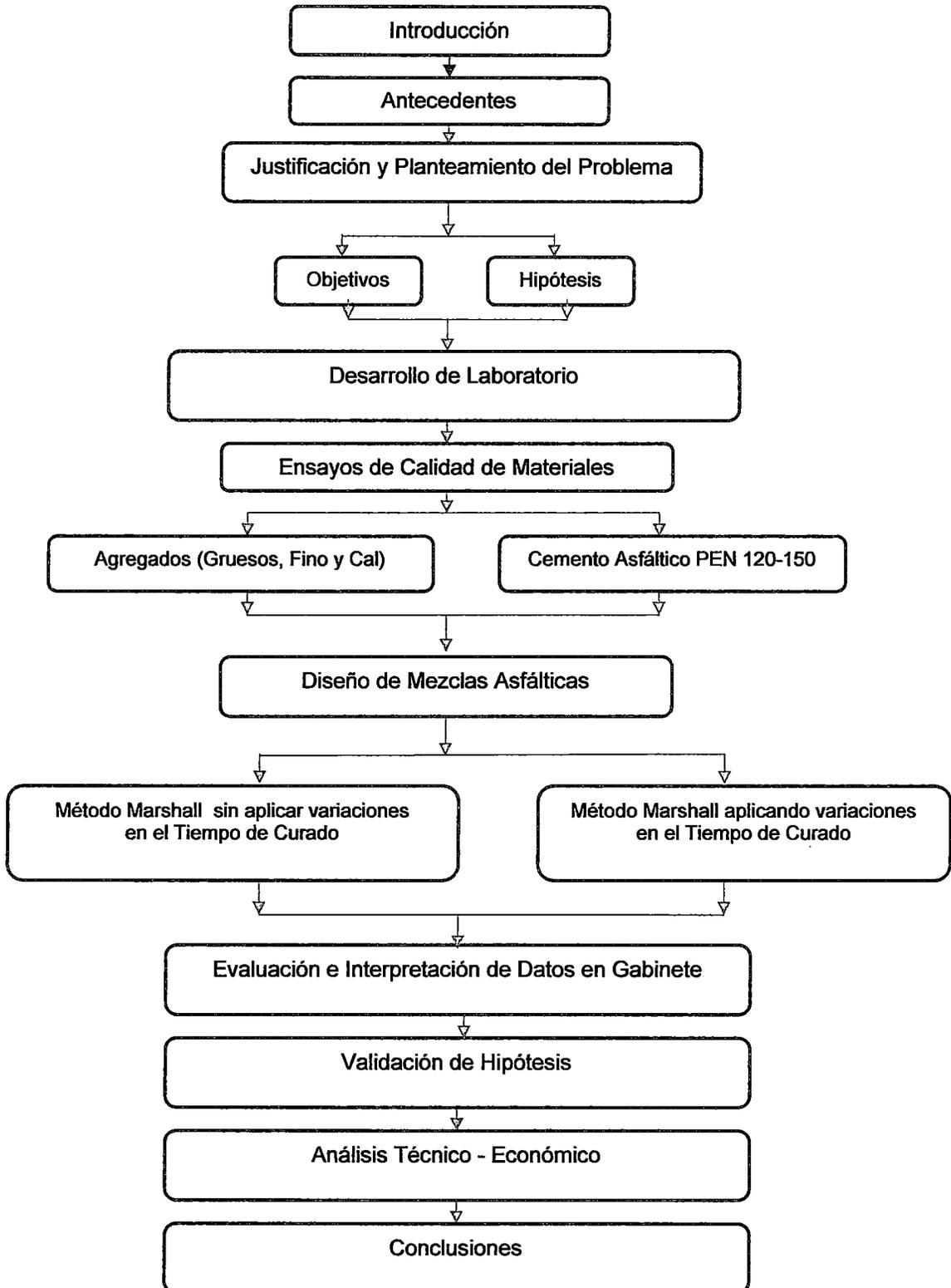
Base de Datos

Los datos correspondientes a las mezclas asfálticas con agregados de Arequipa, fueron proporcionadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, con la finalidad de ampliar el tema de investigación. Los datos en mención, fueron analizados e interpretados paralelamente con la parte experimental de la presente tesis.

2.6.3 ORGANIGRAMA

La siguiente figura resume el procedimiento efectuado para el desarrollo de la presente investigación.

Figura 2.3
Organigrama



Capítulo 03.

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MÉTODO MARSHALL

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

MÉTODO MARSHALL

3.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de un diseño de mezcla asfáltica es determinar el porcentaje óptimo de asfalto de la mezcla con la finalidad de asegurar:

- Suficiente estabilidad de la mezcla y exigencias del servicio sin desplazamientos o distorsiones.
- Recubrimiento completo de las partículas de agregado pétreo, impermeabilizando y ligando las mismas entre sí, bajo una adecuada compactación.
- Suficiente manejabilidad para evitar la segregación.
- Conservar los vacíos necesarios para impedir exudaciones y pérdidas de estabilidad bajo las cargas de servicio.

El método Marshall es aplicable a mezclas asfálticas que contienen cemento asfáltico, asfaltos líquidos, alquitrán, y agregados con tamaño máximo igual o inferior a 25 mm (1 pulg.), utilizándose tanto para diseños en laboratorio como para controles de campo.

Se emplean especímenes de prueba estándar (briquetas) de 63.5 mm (2.5 pulg.) de altura y 101.6 mm (4 pulg.) de diámetro, cada una con la misma granulometría y con diferentes contenidos de asfalto, ensayándolas posteriormente en la Prensa Marshall, con la finalidad de determinar su estabilidad y deformación.

El presente capítulo tiene por objetivo, esquematizar el procedimiento de laboratorio realizado en la presente investigación, según indican las normas del método del Marshall ASTM D 6926(04) y ASTM D 6927(04).

3.2 METODOLOGÍA

Se describe, a continuación el procedimiento realizado en laboratorio.

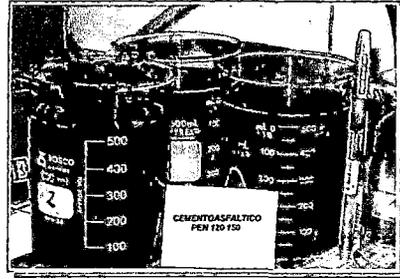
Preparación de briquetas:

- Se realiza el análisis y selección de materiales para la elaboración de briquetas. Para ello, se efectúan *Ensayos de Calidad de Agregados y Asfalto*, de modo que cumplan con las especificaciones de calidad respectivas. Además se obtienen los pesos específicos de agregados y cemento asfáltico.
- Se realiza la *selección del huso granulométrico*, del que se podrá obtener la dosificación de agregados correspondiente.
- De la Carta de Viscosidad (Viscosidad vs. Temperatura), se determina:
 - La Temperatura de Mezcla; temperatura a la cual se calentará el cemento asfáltico para la mezcla; correspondiente al rango de viscosidad de 170 ± 20 centistokes).
 - La Temperatura de Compactación; correspondiente al rango de viscosidad de 280 ± 30 centistokes).

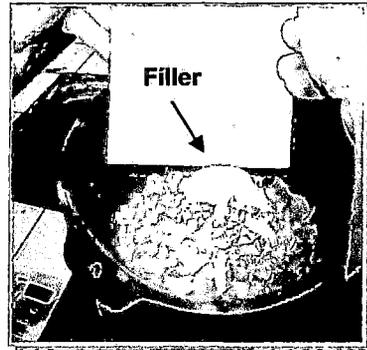
Preparación de las mezclas:

- En recipientes tarados, se pesa la dosificación respectiva de agregados y asfalto (porcentaje en peso de la mezcla) correspondiente a la fabricación de cada briqueta.

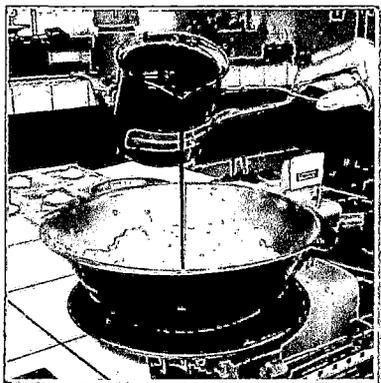
Adicionalmente, se pesa una cantidad suficiente de agregados y asfalto para realizar el ensayo correspondiente al cálculo de la gravedad específica de la mezcla asfáltica sin compactar (G_{mm}).



Los recipientes conteniendo las cantidades dosificadas de piedra y arena serán calentados en el horno a temperatura de mezcla. El cemento asfáltico se calentará en el horno (en recipientes metálicos), durante un periodo menor a una hora, a temperatura de mezcla.

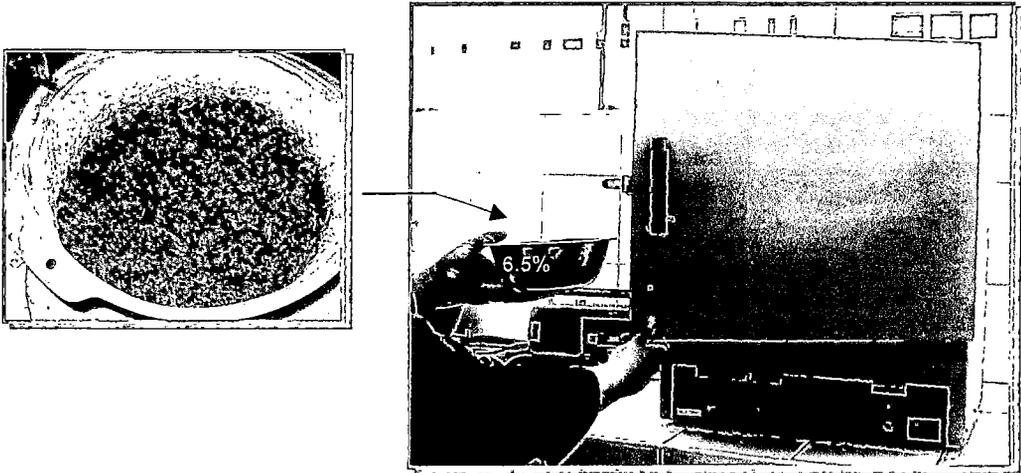


Se mezclan piedra y arena. Se adiciona filler si la mezcla lo requiere.



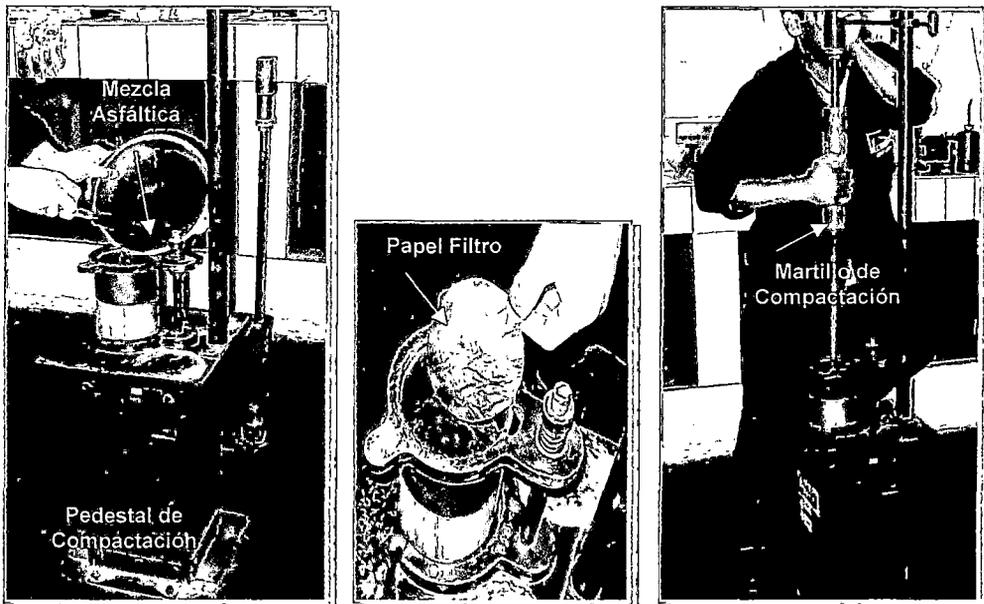
Se agrega cemento asfáltico, y se mezcla hasta que todas las partículas de agregados queden revestidas de asfalto.

- La mezcla asfáltica preparada es colocada en un recipiente metálico y llevada al horno (*proceso de curado de la mezcla*), durante el tiempo que se indique, a una temperatura de 8 a 11 °C por encima de la temperatura de compactación, con la finalidad que el cemento asfáltico sea absorbido completamente por el agregado.

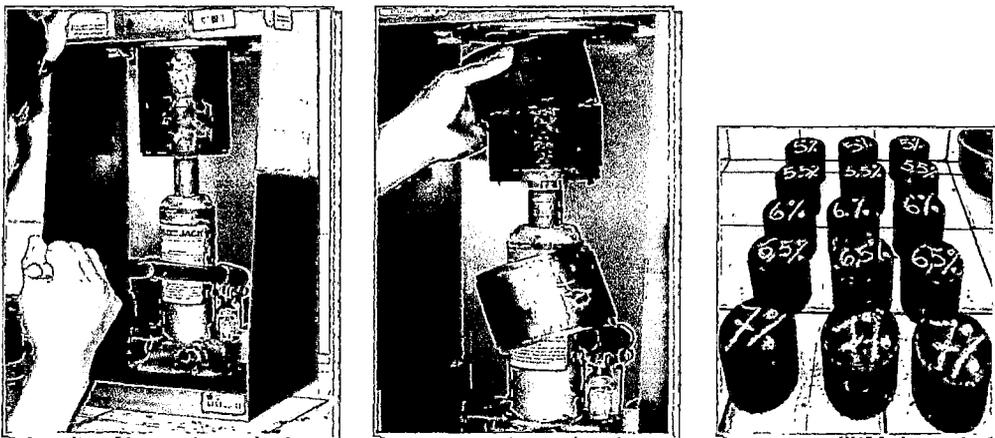


Finalizado el *tiempo de curado*, se puede realizar el cálculo de Gravedad específica teórica máxima de la mezcla asfáltica sin compactar (G_{mm}), de acuerdo a la norma ASTM D 2041 (Ensayo RICE).

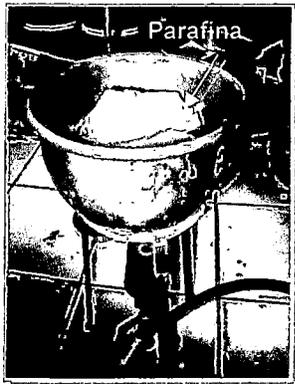
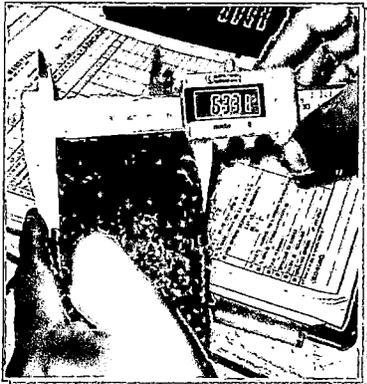
- Luego que la mezcla asfáltica ha sido sometida al tiempo de curado indicado, es colocada en los moldes de compactación (pre- calentados), elaborándose así las briquetas, las cuales son compactadas empleando el martillo de compactación, colocándoseles previamente discos de papel filtro en cada cara de la briqueta.
Se preparan tres briquetas por cada porcentaje de contenido de cemento asfáltico; con una variación de 0.5% una de otra; en este caso se utilizó 5%, 5.5%, 6.0%, 6.5%, y 7.0%.
- Ambas caras de las briquetas reciben el mismo número de golpes, el cual depende del tránsito de diseño (en este caso, se consideró 75 golpes correspondiente a un tráfico pesado), tal como se observa en la siguiente figura:



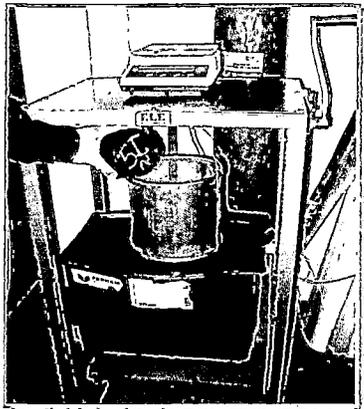
- Concluida la compactación, las briquetas son enfriadas a temperatura ambiente. Posteriormente son extraídas de los moldes, y son identificadas de acuerdo al porcentaje de cemento asfáltico que contienen.



- Según indican las figuras, se realiza el siguiente procedimiento (para cada briqueta) con la finalidad de calcular la Gravedad específica bulk de la mezcla compactada (G_{mb}).

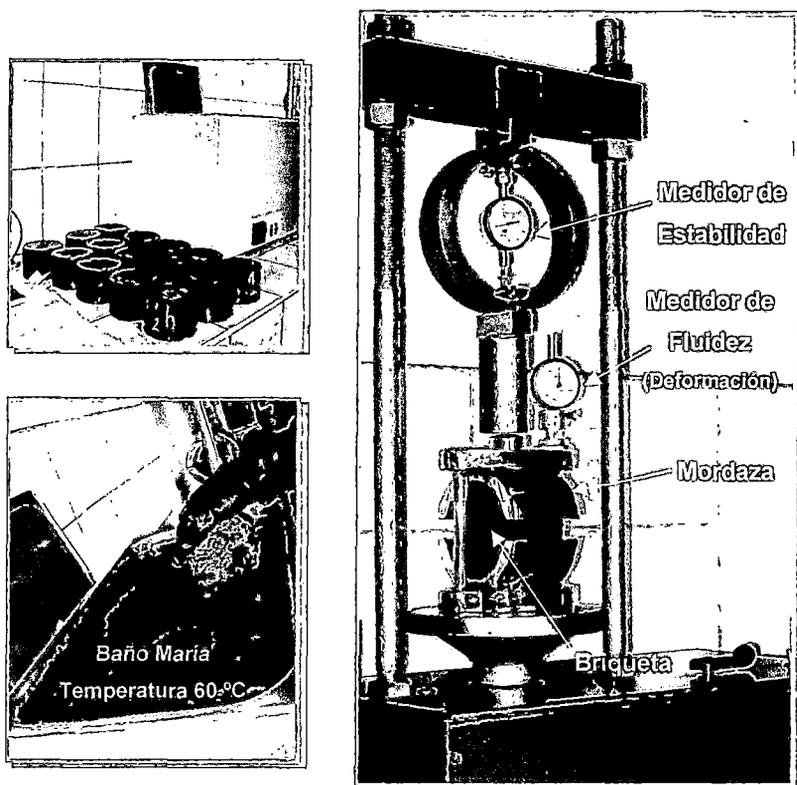


Se mide la altura de las briquetas y se determina su peso al aire. Se derrite parafina en un recipiente metálico, las briquetas se recubren con una capa de parafina y una vez enfriadas se pesan.



Se sumerge la briqueta en agua y se deja saturar por unos minutos. Se retira del agua y se pesa.

- Culminado el procedimiento para el cálculo de la gravedad específica bulk de la mezcla compactada (G_{mb}), las briquetas son colocadas en Baño María (60 °C de temperatura), durante 30 a 40 minutos.
- Finalmente, las briquetas son retiradas, secadas y colocadas una a una en la mordaza de Prensa Marshall, y se procede a la *lectura de Estabilidad y Fluencia*.



Para determinar el **Óptimo Contenido de Asfalto**, se inician los procedimientos necesarios para calcular los parámetros correspondientes a las tres pruebas que el Método Marshall desarrolla; determinación de la gravedad específica, análisis de densidad y vacíos, prueba de estabilidad y flujo marshall; según se indica en el ítem 3.4 “Pruebas a las Mezclas Asfálticas Compactadas”.

Para ello se calcula el promedio de cada grupo de briquetas (de acuerdo a sus respectivos contenidos de asfalto), y se grafican las siguientes curvas:

V_a (%)	Vs.	Porcentaje de asfalto
Densidad (gr/cm^3)	Vs.	Porcentaje de asfalto
VMA (%)	Vs.	Porcentaje de asfalto
VFA (%)	Vs.	Porcentaje de asfalto
Estabilidad (lb)	Vs.	Porcentaje de asfalto
Flujo (10^{-2} pulg.)	Vs.	Porcentaje de asfalto

Donde:

V_a (%)	:	Vacios de aire
Densidad (gr/cm^3)	:	Densidad de la mezcla asfáltica compactada
VMA (%)	:	Vacios en el agregado mineral
VFA (%)	:	Vacios llenos de asfalto

De acuerdo al Método del Instituto del Asfalto (MS-2), de las gráficas realizadas se determina el contenido de asfalto. Se verifica si cumple con las especificaciones establecidas de acuerdo al **cuadro 3.1**.

Si todos los criterios se cumplen, entonces se tendrá el diseño preliminar de la mezcla asfáltica, determinándose así el *Contenido Óptimo de Asfalto*. En caso que un criterio no cumpla, se necesitará hacer ajustes o rediseñar la mezcla.

Cuadro 3.1

Requisitos para Mezcla de Concreto Asfáltico

Parámetro de Diseño	Tráfico ligero		Tráfico medio		Tráfico pesado	
	Carpeta y base		Carpeta y base		Carpeta y base	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Método Marshall (MTC E 504)						
1. Compactación, número de golpes por lado	35		50		75	
2. Estabilidad (mín)	4.45 KN (453 Kg)		5.34 KN (544Kg)		8 KN (815 Kg)	
3. Flujo 0.25 mm (0.01 ")	8	20	8	16	8	14
4. Porcentaje de vacíos con aire ¹ (V_a)	3	5	3	5	3	5
5. Vacíos en el agregado mineral (VMA)	Ver Cuadro 3.2					
Relación Estabilidad/Flujo ² (Kg/cm)	1700 - 3000					

Fuente: Especificaciones Técnicas EG-2000

¹ Para climas fríos, por encima de los 3000 m.s.n.m se recomienda el rango de 2 a 4% de vacíos de aire.

² Para zonas de clima frío es deseable que la relación Estabilidad/Flujo sea de la menor magnitud posible tendiéndose hacia el límite inferior.

Cuadro 3.2
Vacios Mínimos en el Agregado Mineral (VMA)

Tamiz	% VMA mínimo
	Método Marshall
2,36 mm. (N° 8)	21
4,75 mm. (N° 4)	18
9,5 mm. (3/8")	16
12,5 mm. (1/2")	15
19 mm. (3/4")	14
25 mm. (1")	13
7,5 mm. (1 1/2")	12
50 mm. (2")	11.5

Los valores del cuadro 3.2 serán elegidos de acuerdo al tamaño máximo de la gradación de la mezcla asfáltica seleccionada.

3.3 EVALUACIÓN Y AJUSTE DE LA MEZCLA DE DISEÑO

Con la finalidad de establecer la *fórmula de trabajo*, se realizan mezclas de prueba, cuya granulometría debe cumplir las especificaciones de la obra. Si las mezclas de prueba no cumplen con los criterios de diseño, se modificará la mezcla, o en algunos casos, se diseñará nuevamente empleando nueva granulometría.

Las mezclas de prueba pueden presentar, por ejemplo, bajos contenidos de vacíos (causando exudación o afloramiento en el pavimento puesto en servicio en un periodo de tiempo determinado), o altos contenidos de vacíos (resultando mezclas con alta permeabilidad, permitiendo la circulación de aire y agua a través del pavimento, ocasionando endurecimiento prematuro del asfalto, desprendimiento del agregado, o posible desprendimiento del asfalto en el agregado).

En cualquiera de los casos, para corregir alguna deficiencia; si las mezclas iniciales fallan con criterios de diseño en cualquier contenido de asfalto seleccionado; existen lineamientos generales (ver **cuadro 3.3**) y así poder cumplir con los criterios de diseño, aunque no funcionen en todos los casos.

Cuadro 3.3**Sugerencias para cumplir con los Criterios de Diseño**

Contenido de Vacíos	Estabilidad	Sugerencia
Bajo	Baja	Incrementar la cantidad de agregado grueso o reducir la cantidad de material que pasa la malla N° 200. Si hubiese exceso de asfalto en la mezcla; y el exceso no es necesario para reemplazar el absorbido por el agregado; disminuir el contenido de asfalto.
Bajo	Satisfactoria	A pesar que la estabilidad de la mezcla sea satisfactoria, realizar la sugerencia inicial.
Satisfactorio	Baja	Mejorar la forma de la partícula de los agregados, utilizando material producto de trituración, de lo contrario realizar la sugerencia inicial.
Alto	Satisfactoria	Aumentar a la mezcla el contenido de polvo mineral. En algunos casos, modificar la graduación del agregado con el propósito de aumentar la densidad y por lo tanto disminuir la cantidad de vacíos.
Alto	Baja	Realizar la sugerencia inicial, para ajustar el volumen de vacíos, y si esta sugerencia no mejora la estabilidad de la mezcla, revisar el tipo de agregado empleado (aumento de materiales triturados; con texturas superficiales ásperas y formas angulares; las cuales mejoran los vacíos de agregado mineral y la fricción entre partículas).

3.4 PRUEBAS A LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS

A continuación, se listan los parámetros necesarios para determinar las pruebas que el método Marshall desarrolla, tal como fue descrito en el ítem 3.2 “Metodología”.

3.4.1 DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

Antes de realizar el cálculo de gravedad específica de la mezcla asfáltica compactada, se realizan los siguientes cálculos:

- | | |
|---|--|
| 1. Gravedad específica bulk del agregado grueso | ASTM C127 |
| 2. Gravedad específica bulk del agregado fino | ASTM C128 |
| 3. Gravedad específica del cemento asfáltico | ASTM D070 |
| 4. Gravedad específica del filler mineral | ASTM D854 |
| 5. Gravedad específica bulk del agregado total | $G = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\left(\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}\right)}$ |
| 6. Gravedad específica teórica máxima de la mezcla suelta (RICE) G_{mm} | ASTM D2041 |
| 7. Gravedad específica efectiva del agregado total G_{se} | $G_{se} = \frac{1 - P_b}{\left(\frac{1}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}\right)}$ |

Finalmente se obtiene:

Gravedad específica teórica máxima de la mezcla asfáltica compactada G_{mb}

$$G_{mb} = \frac{1}{\left(\frac{1 - P_b}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}\right)}$$

Donde:

- | | | |
|------------------------|---|---|
| G_1, G_2, \dots, G_n | ; | valores de gravedad específica |
| P_1, P_2, \dots, P_n | ; | porcentaje en pesos |
| G_b | ; | gravedad específica del cemento asfáltico |
| P_b | ; | contenido de asfalto |

3.4.2 PRUEBA DE ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL

La estabilidad Marshall se define como la carga de rotura. El ensayo se realiza utilizando un medidor de lecturas de estabilidad, el cual consiste en aplicar lentamente una carga sobre la briqueta, los cabezales superior e inferior del aparato se van acercando, y una vez que se obtiene la carga máxima (momento en que la probeta cede o falla totalmente), se suspende la carga. El valor que registra el medidor representa el *valor de estabilidad Marshall*, el cual se interpreta como la resistencia de una mezcla a la deformación.

Mientras se está determinando la estabilidad se mantiene firmemente el medidor de deformación, el cual se libera cuando la carga comienza a decrecer, se registra su lectura como el *valor de fluencia*.

3.4.3 ANÁLISIS DE DENSIDAD Y VACÍOS

Una vez terminada las pruebas de estabilidad y flujo, se realiza el análisis de densidad y vacíos para cada serie de especímenes de prueba. La densidad de la muestra compactada será su gravedad específica de masa multiplicada por la densidad del agua. Se realizan los siguientes cálculos:

Porcentaje de asfalto absorbido por el agregado total
 P_{ba}

$$P_{ba} = \left(\frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \right) \times G_{sb} \times 100$$

Porcentaje de asfalto efectivo de la mezcla P_{be}

$$P_{be} = P_b - \frac{(P_{ba} \times P_s)}{100}$$

Porcentaje de vacíos de la mezcla compactada, vacíos en el agregado mineral (VMA)

$$VMA = 100 \times \left[1 - \frac{G_{mb}(1 - P_b)}{G_{sb}} \right]$$

Porcentaje de vacíos de aire en la mezcla compactada (V_a)

$$V_a = \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right) \times 100$$

Porcentaje de vacíos llenos con asfalto (VFA)

$$VFA = \left(\frac{VMA - V_a}{VMA} \right) \times 100$$

Donde:

- G_{se} ; gravedad específica efectiva del agregado
- G_{sb} ; gravedad específica bulk del agregado
- G_b ; gravedad específica del cemento asfáltico
- P_b ; contenido de asfalto
- P_s ; contenido de agregado
- G_{mb} ; gravedad específica bulk de la mezcla compactada
- G_{mm} ; gravedad específica teórica máxima de la mezcla

Capítulo 04.

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS ALTAMENTE ABSORBENTES EN EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS ALTAMENTE ABSORBENTES EN EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

4.1 INTRODUCCIÓN

Es importante realizar un adecuado diseño de mezclas asfálticas acorde con las normativas recientes, con la finalidad de asegurar el óptimo comportamiento de la mezcla asfáltica puesta en servicio.

Para los agregados estudiados en la presente investigación fue preciso adaptar; en función del porcentaje de absorción de los mismos; el periodo de curado de la mezcla asfáltica indicado en la norma ASTM D 6926 (04).

La resistencia de las mezclas asfálticas (estabilidad y flujo), se determinó según se indica en la norma ASTM D 6927(04) del método Marshall.

El objetivo del presente capítulo, es analizar la influencia de los tiempos de curado y el comportamiento inicial del cemento asfáltico PEN 120-150, sobre las propiedades de las mezclas asfálticas sometidas a variaciones de tiempos de curado. Dicho análisis se reflejan en las graficas desarrolladas.

4.2 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES UTILIZADOS

La caracterización de los materiales consistió en evaluar las propiedades físicas, mecánicas y químicas del agregado pétreo y del cemento asfáltico PEN 120-150.

4.2.1 AGREGADO PÉTREO

De acuerdo a los resultados de ensayos de calidad de agregados, se tiene el siguiente análisis:

4.2.1.1 ANALISIS DE AGREGADOS GRUESOS

▪ GRANULOMETRÍA

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.012 (01).

Mallas		Agregados de Cusco			
		Piedra 3/4" Cantera Canchayoc		Piedra 1/2" Cantera Canchayoc	
Serie Americana	Abertura (mm)	Retiene (%)	Pasa (%)	Retiene (%)	Pasa (%)
1 1/2 "	38.100				
1 "	25.400				
3/4 "	19.050		100		
1/2 "	12.700	30	70		100
3/8 "	9.525	49	21	60	40
1/4 "	6.350	19	2	27	13
N° 4	4.760	2	-	10	3
N° 6	3.360			2	1
N° 8	2.380			1	-
N° 10	2.000				

De acuerdo a la gradación mostrada, se observa que la denominación piedra de 3/4" y piedra de 1/2" está basada en el tamaño máximo del agregado (corresponde al menor tamiz por el cual pasa el 100% de la muestra). Se observa la presencia de agregado fino (3%) solo en la piedra chancada de 1/2".

Mallas		Agregados de Arequipa *			
		Piedra 3/4"		Piedra 1/2"	
Serie Americana	Abertura (mm)	Retiene (%)	Pasa (%)	Retiene (%)	Pasa (%)
1 1/2 "	38.100				
1 "	25.400				
3/4 "	19.050		100		100
1/2 "	12.700	44	56	1	99
3/8 "	9.525	24	32	37	62
1/4 "	6.350	25	7	42	20
N° 4	4.760	7	-	7	13
N° 6	3.360			4	9
N° 8	2.380			2	7
N° 10	2.000			1	6
N° 16	1.190			1	5
N° 20	0.840			1	4
N° 30	0.590			-	4
N° 40	0.426			-	4
N° 50	0.297			-	4
N° 80	0.177			1	3
N° 100	0.149			-	3
N° 200	0.074			1	2
- N° 200	-			2	-

* Fuente: Laboratorio MTC

De la gradación mostrada, se observa que la denominación piedra de 3/4" y piedra de 1/2" está basada en su tamaño máximo. Se observa la presencia de agregado fino (13%) solo en la piedra chancada de 1/2".

▪ PESO UNITARIO

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.017 (99).

Ensayo	Unidad	Cusco	Arequipa *	
		Piedra 3/4" Cantera Canchayoc	Piedra 3/4" Cantera Salas	Piedra 1/2" Cantera Salas
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1370	1302	1396
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1491	1377	1478

* Fuente: Laboratorio MTC

Los valores de pesos unitarios permiten determinar los volúmenes que pueden formar los agregados de acuerdo a la cantidad de material que se necesite. Por ejemplo, si se requiere 1 Tn. de agregado grueso para elaborar la mezcla asfáltica, los volúmenes correspondientes serían:

Ensayo	Unidad	Cusco	Arequipa *	
		Piedra 3/4" Cantera Canchayoc	Piedra 3/4" Cantera Salas	Piedra 1/2" Cantera Salas
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1370	1302	1396
Volumen	(m ³)	0.730	0.768	0.716

▪ GRAVEDAD ESPECÍFICA

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.021(02).

Ensayo	Unidad	Cusco		Arequipa *	
		Piedra 3/4" Cantera Canchayoc	Piedra 1/2" Cantera Canchayoc	Piedra 3/4" Cantera Salas	Piedra 1/2" Cantera Salas
Peso específico bulk (base seca)	gr/cm ³	2.710	2.727	2.357	2.367
Peso específico bulk (base saturada)	gr/cm ³	2.733	2.752	2.443	2.451
Peso específico aparente (base seca)	gr/cm ³	2.774	2.797	2.577	2.586

* Fuente: Laboratorio MTC

Debido a la naturaleza de los agregados de Arequipa (porosos y por ello más livianos) los resultados de pesos específicos son menores en comparación con los agregados de Cusco. Los resultados de pesos específicos de los agregados influyen en la determinación de los parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica.

▪ ABSORCIÓN

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.021(02). Los resultados mostrados en el **Cuadro 4.1** indican que, a pesar que ambos agregados corresponden a regiones superiores a los 3,000 m.s.n.m poseen una marcada diferencia de absorción; los agregados gruesos procedentes de Cusco presentan 0.9%, encontrándose en el límite máximo establecido en las especificaciones técnicas (1% de absorción), mientras que los agregados de Arequipa reportan 3.6%.

Tomando en cuenta los casos de absorción superiores al límite establecido en las especificaciones, la presente investigación sustentará el empleo adecuado de estos tipos de agregados para ser utilizados en la fabricación de mezclas asfálticas, asegurando el buen desempeño de sus propiedades volumétricas.

▪ HUMEDAD EVAPORABLE TOTAL

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma ASTM C 566(04).

Ensayo	Unidad	Cusco
		Piedra 3/4" Cantera Canchayoc
Humedad evaporable total	%	0.31

Este ensayo nos permite tener una idea de la capacidad de absorción que puede tener el material. De los resultados se observa que los agregados procedentes de Cusco absorben el 70% de agua aproximadamente.

▪ CARAS DE FRACTURA

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma ASTM D 5821(01). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.1** se observa que las caras de los agregados procedentes de Cusco se encuentran completamente fracturadas, debido a su proceso de chancado, los agregados gruesos procedentes de Arequipa tienen valores menores de caras fracturadas. Los agregados de ambas procedencias cumplen con las especificaciones técnicas.

▪ ABRASIÓN

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.019(02). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.1** se observa que el agregado grueso de Cusco tendrá mayor resistencia ante el desgaste producido por el tránsito respecto a los agregados de Arequipa, debido a la naturaleza porosa y bajo peso específico de estos últimos. Los agregados de ambas procedencias cumplen con las especificaciones técnicas (35% máx.).

▪ DURABILIDAD (SO₄Mg)

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.016(99). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.1** se observa que los agregados gruesos de Arequipa poseen menor resistencia; al estar sometidos a la acción de agentes atmosféricos (altas temperaturas); respecto a los agregados de Cusco. Los agregados de ambas procedencias cumplen con las especificaciones técnicas (15% máx.).

▪ PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.040(99). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.1** se observa que los agregados de Arequipa cumplen con lo establecido en las especificaciones técnicas, a diferencia de los agregados de Cusco, los cuales presentan el máximo porcentaje de partículas chatas y alargadas especificado (10% máximo). Se prefieren porcentajes bajos de partículas chatas y alargadas pues favorecen la fricción interna entre los agregados, evitando que se quiebren al momento de compactar la mezcla asfáltica.

▪ ADHERENCIA

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma AASHTO T 182(02). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.1** se observa que los agregados procedentes de Cusco y Arequipa poseen adecuada adherencia con el cemento asfáltico empleado, cumpliendo así con las especificaciones técnicas.

▪ SALES SOLUBLES

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma MTC E 219(00). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.1** se observa que tanto los agregados de Cusco y Arequipa, presentan muy baja cantidad de sales, lo que es favorable en el comportamiento de la mezcla asfáltica. Los agregados de ambas procedencias cumplen con las especificaciones técnicas (0.5% máx.).

Cuadro 4.1
Resultados y Requerimientos de Agregados Gruesos

Ensayos	Especificación EG 2000 MTC (Altitud mayor a 3,000 m.s.n.m)	Agregados de Cusco		Agregados de Arequipa*	
		Piedra 3/4" Cantera Canchayoc	Piedra 1/2" Cantera Canchayoc	Piedra 3/4" Cantera Salas	Piedra 1/2" Cantera Salas
Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209 15% máx.	0.04%	—	6.4%	5.2%
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207 35% máx.	13%	—	32%	28%
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221 10% máx.	10%	—	8%	4%
Caras fracturadas (01 a más caras)	MTC E 210 85 % mín.	100 %	—	90 %	98 %
Caras fracturadas (02 a más caras)	MTC E 210 50 % mín.	100 %	—	91 %	98 %
Sales solubles totales	MTC E 219 0.5% máx.	0.0074%	—	0.0065%	0.0074%
Absorción	MTC E 206 Según Diseño	0.9	0.9	3.6	3.6
Adherencia	MTC E 519 + 95	+ 95	+ 95	+ 95	+ 95

* Fuente: Laboratorio MTC

4.2.1.2 ANALISIS DE AGREGADOS FINOS

▪ GRANULOMETRÍA

Mallas		Agregados Cusco		Agregados Arequipa*	
		Arena Canteras Canchayoc- Yanahuara		Arena Cantera Salas	
Serie Americana	Abertura (mm)	Retiene (%)	Pasa (%)	Retiene (%)	Pasa (%)
1/2 "	12.700				
3/8 "	9.525		100		100
1/4 "	6.350	2	98	10	90
N° 4	4.760	3	95	11	79
N° 6	3.360	6	89	10	69
N° 8	2.380	8	81	9	60
N° 10	2.000	4	77	4	56
N° 16	1.190	15	62	10	46
N° 20	0.840	8	54	5	41
N° 30	0.590	8	46	4	37
N° 40	0.426	10	36	4	33
N° 50	0.297	10	26	4	29
N° 80	0.177	10	16	6	23
N° 100	0.149	2	14	2	21
N° 200	0.074	5	9	7	14
- N° 200		9	-	14	-

* Fuente: Laboratorio MTC

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.012 (01).

De la gradación se observa que el agregado fino procedente de Cusco, retiene el 5% de piedra y presenta 9% de material que pasa la malla N° 200. El agregado fino procedente de Arequipa, retiene el 21% de material que retiene la malla N° 4 presentando 14% de material que pasa la malla N° 200.

▪ PESO UNITARIO

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.01(99). Con los valores de pesos unitarios podemos determinar el volumen que pueden formar los agregados para la cantidad de material que se necesite.

Ensayo	Unidad	Cusco	Arequipa *
		Arena Canteras Canchayoc- Yanahuara	Arena Cantera Salas
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1655	1600
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1759	1764

* Fuente: Laboratorio MTC

Por ejemplo, si se requiere 1 Tn. de agregado fino para elaborar la mezcla asfáltica, los volúmenes correspondientes serían:

Ensayo	Unidad	Cusco	Arequipa *
		Arena Canteras Canchayoc- Yanahuara	Arena Cantera Salas
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1655	1600
Volumen	m ³	0.604	0.625

▪ GRAVEDAD ESPECÍFICA

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.021(02).

Ensayo	Unidad	Cusco	Arequipa *
		Arena Canteras Canchayoc- Yanahuara	Arena Cantera Salas
Peso específico bulk (base seca)	gr/cm ³	2.641	2.600
Peso específico bulk (base saturada)	gr/cm ³	2.689	2.633
Peso específico aparente (base seca)	gr/cm ³	2.774	2.690

* Fuente: Laboratorio MTC

Se observa que los resultados de los pesos específicos de los agregados de Cusco son ligeramente mayores a los procedentes de Arequipa. Los resultados de pesos específicos de los agregados influyen en la determinación de los parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica.

▪ **ABSORCIÓN**

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.022(02). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.2** se observa que los agregados finos procedentes de Cusco y Arequipa presentan 1.8% y 4.5% de absorción respectivamente, superando el límite establecido en las especificaciones técnicas (1% de absorción).

Tomando en cuenta los casos de absorción superiores al límite establecido en las especificaciones, la presente investigación sustentará el empleo adecuado de estos tipos de agregados para ser utilizados en la fabricación de mezclas asfálticas, asegurando el buen desempeño de sus propiedades volumétricas.

▪ **IMPUREZAS ORGÁNICAS**

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.024(99). Los resultados son interpretaciones visuales, indicando en este caso (ver **Cuadro 4.2**) un grado aceptable frente a la presencia de trazas orgánicas, cumpliendo lo establecido en las especificaciones técnicas.

▪ **TERRONES DE ARCILLA**

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.015(02). El resultado obtenido indica la escasa presencia de terrones de arcilla y partículas desmenuzables (friables) en el agregado fino, (ver **Cuadro 4.2**) cumpliendo lo establecido en las especificaciones técnicas (1% máx.).

▪ **DURABILIDAD (SO₄Mg)**

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 400.016(99). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.2** se observa que el agregado fino procedente de Cusco sufre mayor disgregación que los procedentes de Arequipa, cuando están sometidos a la acción de los agentes atmosféricos (altas temperaturas), cumpliendo lo establecido en las especificaciones técnicas (15% máx.).

▪ SALES SOLUBLES

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma MTC E 219(00). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.2** se observa la escasa presencia de sales en los agregados finos; procedentes de Cusco y Arequipa; lo cual favorece el comportamiento de los agregados en la mezcla asfáltica, cumpliendo lo establecido en las especificaciones técnicas (0.5% máx.).

▪ ÍNDICE PLÁSTICO

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 339.129(99). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.2** se observa que las arenas procedentes de Cusco y Arequipa, no presentan plasticidad cumpliendo con las especificaciones técnicas (NP).

▪ EQUIVALENTE DE ARENA

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 339.146(00). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.2** se observa que el agregado fino procedente de Arequipa cumple con las especificaciones técnicas (55% mínimo), mientras que el procedente de Cusco no satisface dicha condición, valor que representa la presencia de polvo fino nocivo o material arcilloso. Por lo que se deberá tomar las precauciones del caso al momento del diseño.

▪ ADHERENCIA

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma MTC E 220(00). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.2** se observa que los agregados de Cusco y Arequipa no cumplen con el valor de adherencia que indican las especificaciones técnicas (mínimo grado 6), siendo esta especificación discutida por analizar solo una porción del agregado fino.

Cuadro 4.2
Resultados y Requerimientos de Agregados Finos

Ensayos	Especificación EG 2000 MTC (Altitud mayor a 3,000 m.s.n.m)	Cusco	Arequipa *
		Arena Canteras Canchayoc- Yanahuara	Arena Cantera Salas
Equivalente de Arena	MTC E 114 50% mín.	41%	59%
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220 Grado 6	Grado 0	Grado 1
Índice de Plasticidad (< malla N° 40)	MTC E 111 NP	NP	NP
Índice de Plasticidad (< malla N° 200)	MTC E 11 NP	NP	NP
Sales solubles totales	MTC E 219 0.5% máx.	0.0318%	0.0432%
Absorción	MTC E 205 Según Diseño	1.8%	4.5%
Durabilidad al sulfato de magnesio (SO ₄ Mg)	ASTM C-88 15% máx.	3.77%	0.7%
Impurezas Orgánicas	AASHTO T21 Aceptable	Aceptable	Aceptable
Terrones de arcilla	MTC E 212 1% máx.	0.4%	—

* Fuente: Laboratorio MTC

4.2.1.3 ANALISIS DEL FÍLLER

▪ FINEZA DE CAL

Mallas		CUSCO	
		Cal Hidratada Calera Los Andes	
Serie Americana	Abertura (mm)	Retiene (%)	Pasa (%)
N° 6	3.360	0.00	100
N° 10	2.000	0.09	99.91
N° 30	0.590	2.35	97.56
N° 200	0.074	10.80	86.76

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma AASHTO C 219(95).

De acuerdo a los requerimientos físicos del filler mineral, se observa que los porcentajes de material que pasan las mallas N° 30 y N° 200 se encuentran dentro del rango establecido 100% y (70 a 100)% respectivamente, ASTM D 546.

▪ GRAVEDAD ESPECÍFICA

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma ASTM C 110 (00).

Ensayo	Unidad	CUSCO
		Cal Hidratada Calera Los Andes
Gravedad específica	gr/cm ³	2.273

Debido a que la cantidad de filler está determinado en proporción al peso de diseño de mezcla, el resultado de gravedad específica es un dato necesario para calcular el peso específico bulk del agregado total.

▪ **ÍNDICE PLÁSTICO**

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma NTP 339.129(99).

Ensayo	Unidad	Cusco
		Cal Hidratada Calera Los Andes
Índice Plástico (< malla N° 40)	%	3.0

Es necesario determinar el índice de plasticidad con la finalidad de controlar la sensibilidad de la cal hidratada al agua. Dado que los resultados realizados indican la presencia de plasticidad, se deberá controlar los problemas de humedad.

▪ **DETERMINACIÓN QUÍMICA DE LOS COMPONENTES DE LA CAL Y TAMAÑO DE PARTÍCULAS**

Se realizó el ensayo de acuerdo al procedimiento que indica la norma AASHTO T 219(04).

Ensayo	Unidad	Cusco
		Cal Hidratada Calera Los Andes
Contenido de cal activa	% en peso de Ca(OH)_2 mas CaO	86.6
Contenido de cal no hidratada	% en peso de CaO	3.6
Contenido de agua libre	% en peso de H_2O	0.0

De acuerdo a las especificaciones técnicas AASHTO T 219(04) el contenido de cal activa deberá ser mínimo el 90%, observando que el valor que se tiene se encuentra por debajo del especificado. Valores bajos de cal activa pueden afectar el grado de susceptibilidad por humedad.

El contenido de cal no hidratada se encuentra dentro del rango de las especificaciones (máximo 7%), lo mismo sucede con el contenido de agua libre (máximo 3%).

4.2.2 CEMENTO ASFÁLTICO

▪ PENETRACIÓN

El ensayo se realizó de acuerdo al procedimiento que indica la norma ASTM D 5(05). De acuerdo a los resultados del **Cuadro 4.3** se observa que el grado de cemento asfáltico seleccionado está acorde con la consistencia que debería tener (120 a 150 décimas de milímetros), cumpliendo así con las especificaciones técnicas.

▪ DUCTILIDAD

El ensayo se realizó de acuerdo al procedimiento que indica la norma ASTM D 113(99). La ductilidad de los ligantes asfálticos, indica la medida a la cual puede ser estirada una muestra de asfalto antes de romperse. De acuerdo a los resultados mostrados en el **Cuadro 4.3**, la flexibilidad del cemento asfáltico seleccionado supera los 150 cm sin romperse, cumpliendo con las especificaciones técnicas.

▪ SOLUBILIDAD

El ensayo se realizó de acuerdo al procedimiento que indica la norma ASTM D 2042(01), con la finalidad de medir la pureza del cemento asfáltico. De acuerdo al resultado mostrado en el **Cuadro 4.3** el cemento asfáltico seleccionado es soluble en la solución de tricloroetileno casi en su totalidad, cumpliendo con las especificaciones técnicas.

▪ VOLATILIDAD

La Volatilidad nos da un índice de inalterabilidad del cemento asfáltico durante las operaciones previas a su puesta en obra

El ensayo se realizó de acuerdo al procedimiento que indica la norma ASTM D 92(05) Punto de inflamación y llama; mediante la copa abierta Cleveland; con el objetivo de identificar la temperatura máxima a la cual puede ser manejado y almacenado sin peligro de que se inflame. De acuerdo al resultado mostrado en el **Cuadro 4.3**, se observa que cumple lo establecido en las especificaciones técnicas.

▪ DENSIDAD

Se realizaron dos ensayos correspondientes a la densidad; de acuerdo al procedimiento que indica la norma ASTM D 70(03); gravedad API y gravedad específica.

La gravedad API (American Petroleum Institute) es función de la densidad del material a 60°F, y se obtiene de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Gravedad API (}^\circ\text{)} = \frac{141.5}{\text{gravedad específica}} - 131.5$$

La densidad puede darnos una idea de las impurezas que contiene el cemento asfáltico y su medida sirve de control de uniformidad del suministro. El resultado del ensayo de gravedad específica es un dato necesario para calcular el peso específico del agregado total y el porcentaje de asfalto absorbido cuando se realizan los cálculos para el diseño de mezcla asfáltica.

Los resultados correspondientes a la densidad del cemento asfáltico se observan en el **Cuadro 4.3**.

▪ SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA

La susceptibilidad a la temperatura del cemento asfáltico es una de sus propiedades más importantes. El cemento asfáltico se vuelve más duro (más viscoso) a medida que la temperatura disminuye, y más blando (menos viscoso) a medida que su temperatura aumenta.

Los ensayos referidos a la susceptibilidad térmica son importantes porque permiten conocer la temperatura adecuada a la cual se debe mezclar el cemento asfáltico con el agregado, y la temperatura a la cual se debe compactar la mezcla asfáltica sobre la base de la carretera.

Los ensayos correspondientes al efecto del calor y aire: Ensayo de Película Fina en Horno, simulan el envejecimiento prematuro del asfalto, con la finalidad de evaluar la durabilidad del asfalto.

Los resultados obtenidos, según se indican en el **Cuadro 4.3**, cumplen lo establecido en las especificaciones técnicas.

▪ FLUIDEZ

La viscosidad es la relación entre la fuerza aplicada a un fluido y la velocidad con la que fluye. La determinación de la viscosidad a diferentes temperaturas da una buena idea de la susceptibilidad térmica que presenta.

Se realizaron ensayos de viscosidad absoluta y viscosidad cinemática, de acuerdo a los procedimientos de las normas ASTM D 2171 (01) y ASTM D 2170 (01), respectivamente.

La viscosidad absoluta, representa la viscosidad que tiene el cemento asfáltico, a la temperatura más alta que el pavimento puede llegar a experimentar durante su vida de servicio (°60). La viscosidad cinemática, representa la viscosidad del cemento asfáltico durante el mezclado y colocación (135 °C).

Los resultados se indican en el **Cuadro 4.3**.

▪ ADHERENCIA

El ensayo de adherencia indica la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla asfáltica. Los resultados se indican en el **Cuadro 4.3**.

Cuadro 4.3
Resultados y Requerimientos del Cemento Asfáltico PEN 120 – 150

Ensayos	Unidad	Cemento Asfáltico PEN 120-150 Refinería Conchán PETROPERU		Especificaciones Técnicas EG 2000-MTC		
		Muestra N° 1	Muestra N° 2	Norma	Mín.	Máx.
		Penetración a 25°C, 100 gr, 5 seg	0.1 mm			
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min	cm	>150	>150	MTC E 306	100	—
Fluidez						
Viscosidad Cinemática, 100°C	cSt	1653	1670	—	—	—
Viscosidad Cinemática, 135°C	cSt	255	250	—	—	—
Viscosidad Absoluta, 60°C	Pa.s	80.5	80.3	—	—	—
Solubilidad						
Solubilidad en Tricloroetileno	% masa	99.6	99.7	MTC E 302	99	—
Prueba de la Mancha, 25 % Xileno	—	Negativo	Negativo	MTC E 314	Negativo	Negativo
Volatilidad						
Punto de inflamación C.O.C	°C	286	282	MTC E 312	218	—
Densidad						
Gravedad específica 60/60 ° F	gr/ cm ³	1.014	1.014	—	—	—
Gravedad API	°	8.1	8.1	—	—	—
Susceptibilidad Térmica:						
- Punto de Ablandamiento	°C	43.6	43.8	—	—	—
Índice de Penetración (Pfeiffer V-D)	—	- 0.5	- 0.4	—	- 1.0	+ 1.0
Efecto del Calor y Aire (Ensayo de Película Delgada en horno)						
- Pérdida por calentamiento	% masa	0.60	0.65	MTC E 316	—	1.5
- Penetración retenida	% de la original	54	53	MTC E 304	42	—
- Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min	cm	120	125	MTC E 306	100	—
Adherencia						
Revestimiento y Desprendimiento	%	>95	>95	—	—	—

4.2.3 HUSO GRANULOMÉTRICO SELECCIONADO

El método Marshall utiliza una gráfica semilogarítmica para definir la granulometría permitida, la ordenada indica el porcentaje de material que pasa cierta malla, y la abcisa las correspondientes aberturas de las mallas en milímetros (graficadas en forma logarítmica).

Con los datos obtenidos de granulometría de los ensayos de calidad, se mezcló proporciones de agregados, para finalmente obtener la proporción de material adecuado que permite una curva granulométrica que se adapte a la zona establecida según las especificaciones.

- Respecto a los agregados procedentes de Cusco, la proporción de mezcla de agregados seleccionada corresponde al tipo MAC-2 (Especificación de carreteras EG 2000, Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

Se observa de la *figura 4.1 "Mezcla de Agregados Seleccionada-Cusco"* que la curva granulométrica; correspondiente a la mezcla piedra de 3/4" (10%), piedra de 1/2" (30%), arena (59%) y cal (1%); se encuentra en la parte central de la zona establecida por el huso especificado, acercándose ligeramente a su límite inferior entre las mallas N° 100 a N° 80, y 1/4" a 3/8".

- Respecto a los agregados procedentes de Arequipa, la proporción de mezcla de agregados seleccionada corresponde al tipo D-IV (Especificación ASTM D 3515).

Se observa de la *figura 4.2 "Mezcla de Agregados Seleccionada-Arequipa"*, que la curva granulométrica; correspondiente a la mezcla piedra de 3/4" (35%), piedra de 1/2" (10%) y arena (55%); se encuentra dentro de la zona establecida por el huso especificado, pegándose a su límite inferior entre las mallas N° 200 a N° 100, y 1/2" a 3/8".

Figura 4.1
Mezcla de Agregados Seleccionada – Cusco

Mallas Serie Americana	Granulometría Resultante			
	Abertura (mm)	Retiene (%)	Pasa (%)	Gradación MAC - 2
1 1/2 "	38.100			
1 "	25.400			
3/4 "	19.050		100.0	100
1/2 "	12.700	3.0	97.0	80 - 100
3/8 "	9.525	22.9	74.1	70 - 88
1/4 "	6.350	11.2	62.9	
N° 4	4.760	4.9	58.0	51 - 68
N° 6	3.360	4.2	53.8	
N° 8	2.380	5.0	48.8	
N° 10	2.000	2.4	46.4	38 - 52
N° 16	1.190	8.8	37.6	
N° 20	0.840	4.7	32.9	
N° 30	0.590	4.8	28.1	
N° 40	0.426	5.9	22.2	17 - 28
N° 50	0.297	5.9	16.3	
N° 80	0.177	5.9	10.4	8 - 17
N° 100	0.149	1.1	9.3	
N° 200	0.074	3.0	6.3	4 - 8
- N° 200		6.3	-	
Proporciones de Mezcla de Agregados				
Piedra de 3/4 "	=	10%		
Piedra de 1/2"	=	30%		
Arena	=	59%		
Cal	=	01%		

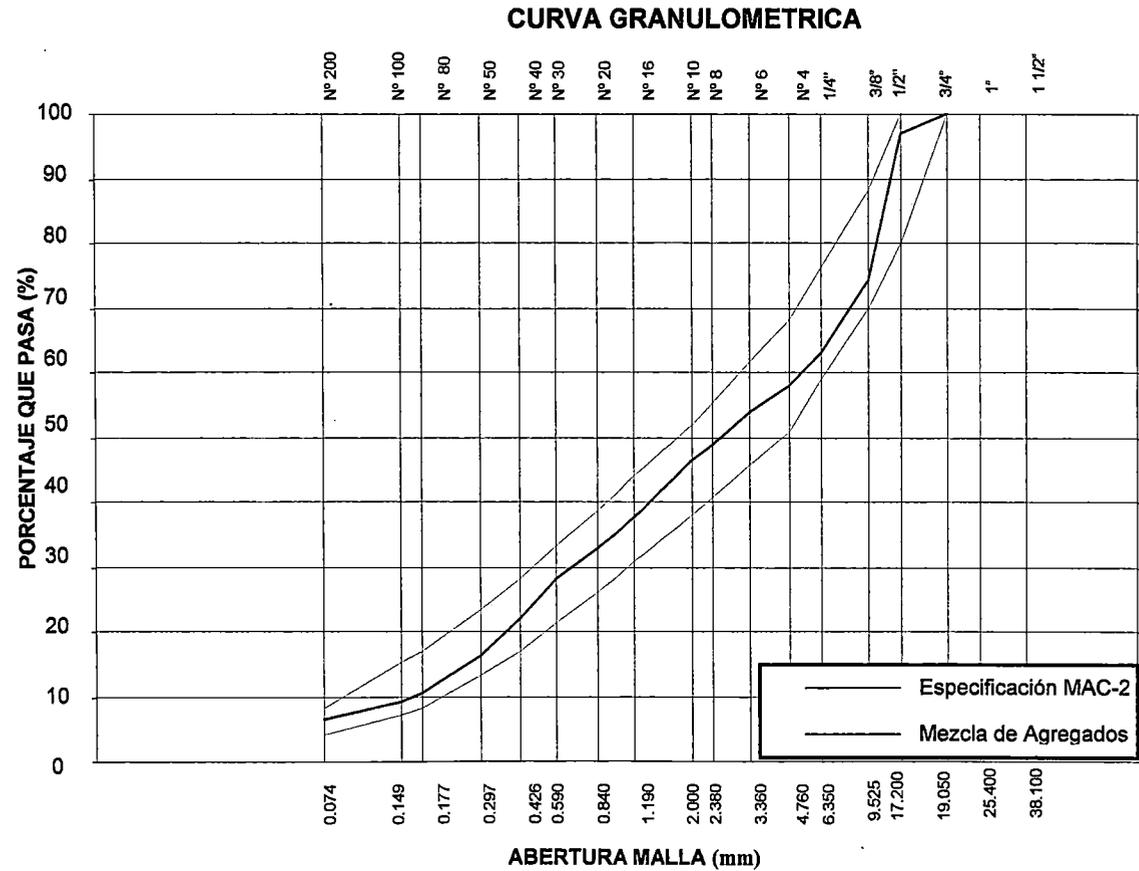
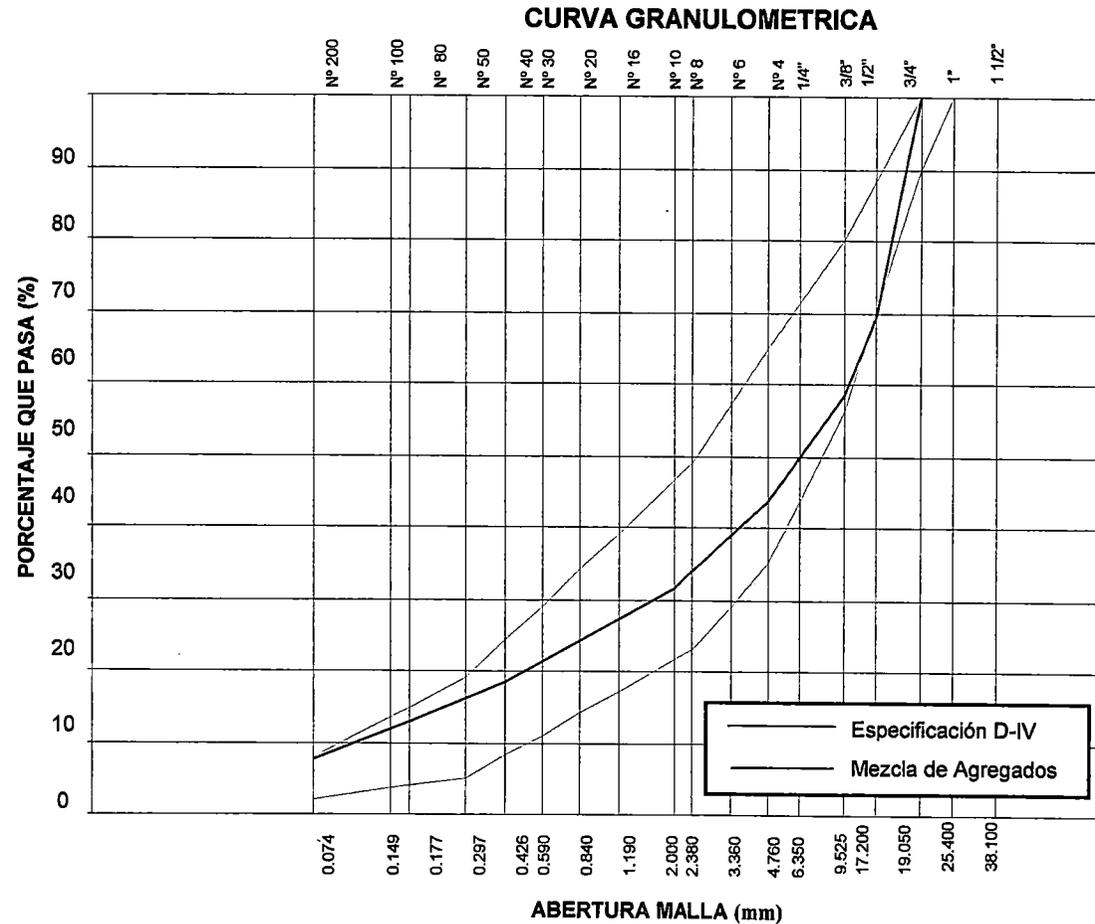


Figura 4.2
Mezcla de Agregados Seleccionada - Arequipa

Mallas Serie Americana	Granulometría Resultante			
	Abertura (mm)	Retiene (%)	Pasa (%)	Gradación D - IV
1 1/2 "	38.100			
1 "	25.400			100
3/4 "	19.050		100.0	90 - 100
1/2 "	12.700	30.8	69.2	
3/8 "	9.525	10.8	58.4	56 - 80
1/4 "	6.350	7.7	50.7	
N° 4	4.760	7.2	43.5	35 - 65
N° 6	3.360	5.0	38.5	
N° 8	2.380	4.9	33.6	23 - 49
N° 10	2.000	2.2	31.4	
N° 16	1.190	5.5	25.9	
N° 20	0.840	2.8	23.1	
N° 30	0.590	2.2	20.9	
N° 40	0.426	2.7	18.2	
N° 50	0.297	2.8	15.4	5 - 19
N° 80	0.177	2.7	12.7	
N° 100	0.149	1.7	11.0	
N° 200	0.074	3.3	7.7	2 - 8
- N° 200		7.7	-	
Proporciones de Mezcla de Agregados				
Piedra de 3/4 "	=		35%	
Piedra de 1/2"	=		10%	
Arena	=		55%	



4.3 EQUIPOS Y MATERIALES

A continuación se listan los equipos y materiales básicos que fueron empleados para los ensayos realizados en laboratorio.

Ensayo Marshall	
- Molde de compactación	- Horno
- Pedestal de compactación	- Baño María
- Martillo de compactación	- Termómetro
- Extractor de muestras de asfalto	- Tamices
- Prensa marshall	- Balanza
- Medidor de deformación	- Parafina
- Medidor de estabilidad	- Tizas
- Mordaza	- Guantes
- Discos de papel filtro	- Espátulas
Ensayo Rice	
- Bomba de vacíos	- Agua destilada
- Matraz	- Espátula
- Balanza	- Bandeja metálica
- Termómetro	- Tamiz 1/4" (6.35 mm)
Ensayo Índice de compactabilidad	
- Molde de compactación	- Discos de papel filtro
- Pedestal de compactación	- Horno
- Martillo de compactación	- Parafina
- Extractor de muestras de asfalto	- Tizas
Ensayo Agua hervida	
- Pirex	- Papeles absorbentes
- Mechero Bunsen	- Termómetro
- Balanza	- Agua destilada
- Soporte universal	- Espátula

4.4 ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

La norma ASTM D 6926(04) "Preparation of Bituminous Specimens using Marshall Apparatus" establece que la mezcla asfáltica preparada debe someterse a un proceso de curado al horno, a temperatura de 8 a 11 °C por encima de la *Temperatura de Compactación*, durante un periodo mínimo una hora y máximo dos horas, antes de compactar la mezcla asfáltica preparada.

La presente investigación busca determinar el tiempo de curado adecuado de la mezcla asfáltica cuando se empleen especialmente agregados altamente absorbentes, para cada situación de zonas de altura de los agregados en estudio, para ello se evaluaron variaciones de tiempos de curado, los cuales se indican en el cuadro 4.4.

El procedimiento realizado en laboratorio fue descrito en el Capítulo 3 "Diseño de Mezclas Asfálticas – Método Marshall".

Cuadro 4.4
Variaciones de Tiempos de Curado de Mezclas Asfálticas

Tiempo de Curado (Periodo en que la mezcla asfáltica es colocada en el horno, antes de ser compactada)	
Mezcla Asfáltica con Agregados de Cusco	Mezcla Asfáltica con Agregados de Arequipa
0 hr.	0 hr.
0.5 hr.	2.0 hr.
1.0 hr.	2.5 hr.
1.5 hr.	3.0 hr.
2.0 hr.	3.5 hr.
	4.0 hr.

4.5 PRUEBAS A LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

Para analizar la influencia de los tiempos de curado en las mezclas asfálticas se realizaron pruebas divididas en tres fases:

4.5.1 PRUEBAS VOLUMÉTRICAS

Estas pruebas fueron realizadas con el fin de evaluar las características volumétricas debidas a los diferentes cambios de temperatura del curado al horno al que estuvieron sometidas las mezclas. Las pruebas que mas influyen en los resultados de la volumetría son:

- Gravedad específica del agregado grueso.
- Gravedad específica de la mezcla asfáltica compactada (G_{mb}).
- Gravedad específica teórica máxima de la mezcla asfáltica (G_{mm}).

La prueba de gravedad específica de la mezcla asfáltica compactada (G_{mb}) nos permite estimar el grado de densificación (producto del paso de vehículos pasado un tiempo determinado) que tendrá la mezcla asfáltica colocada en el pavimento.

La prueba de gravedad específica teórica máxima (G_{mm}) es posiblemente la prueba de laboratorio más importante para definir las características de la mezcla asfáltica, debido a que el cálculo del porcentaje de vacíos es la proporción que existe entre G_{mb} y G_{mm} , tal como se observa en la siguiente fórmula:

$$\%Vacíos = \frac{100 * (G_{mm} - G_{mb})}{G_{mm}}$$

Donde:

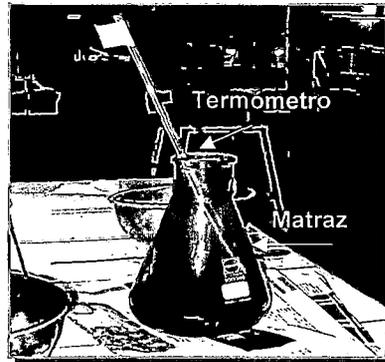
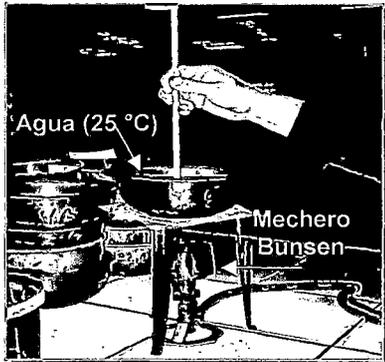
G_{mm} = Gravedad específica teórica máxima de la mezcla asfáltica.

G_{mb} = Gravedad específica de la mezcla asfáltica compactada.

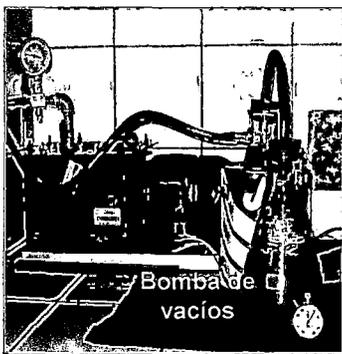
El procedimiento realizado en laboratorio para la determinación de G_{mm} (ensayo RICE), se esquematiza en las siguientes figuras:



Se vierte la mezcla en una bandeja metálica (de acuerdo al contenido de cemento asfáltico y luego de haber sido sometida al proceso de curado al horno), con la finalidad de separar las partículas finas de agregado, para ello se tamiza la mezcla por la malla 1/4" (6.35 mm).



La muestra obtenida se deja enfriar a temperatura ambiente, se coloca en un recipiente (matraz) y se pesa. Se agrega agua (25 °C) suficiente para cubrir la muestra.



La muestra es sometida a un proceso de extracción de vacíos, el recipiente es agitado vigorosamente con la finalidad de remover todo el aire atrapado que contiene la mezcla, tal como se observa en las figuras.

4.5.2 PRUEBAS MECÁNICAS

En esta fase, se estiman parámetros de resistencia de la mezcla asfáltica mediante diferentes pruebas mecánicas, con el fin de calificar la influencia de la compactación bajo diferentes condiciones de falla. Las pruebas mecánicas realizadas fueron:

- Prueba de estabilidad y flujo Marshall.
- Índice de compactabilidad.

La prueba de estabilidad y flujo Marshall fue descrita en el Capítulo 3 "*Diseño de Mezclas Asfálticas-Método Marshall*".

El procedimiento de la prueba Índice de Compactabilidad es similar al procedimiento para la preparación de especímenes bituminosos usando el aparato Marshall, diferenciándose en que la compactación de briquetas se realiza a 5 y 50 golpes (el número de golpes en el ensayo Marshall depende del tránsito de diseño al que estará expuesta la mezcla asfáltica). El ensayo finaliza con la determinación de las densidades de briquetas compactadas con el número de golpes mencionado.

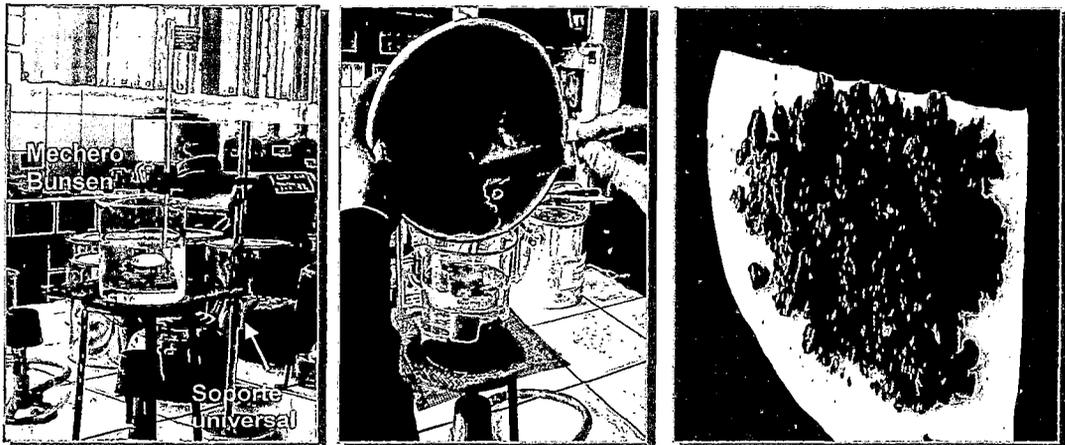
El Índice de Compactabilidad se define como $1 / (GEB_{50} - GEB_5)$, siendo GEB_{50} y GEB_5 , las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

4.5.3 PRUEBA VISUAL

Esta fase es realizada con el fin de observar la pérdida de adhesión (agregados recubiertos con asfalto) en mezclas asfálticas no compactadas, debido a la acción de agua hervida. El ensayo realizado fue:

- Efecto del agua sobre agregados con recubrimiento bituminoso usando agua en ebullición (MTC E 521).

Las siguientes figuras describen el ensayo realizado.



La mezcla asfáltica preparada; la cual ha sido curada al horno de acuerdo a los tiempos indicados; se coloca en un recipiente de agua destilada y se procede a hervirla durante 10 minutos. Se deja enfriar la mezcla hervida, se coloca sobre un papel absorbente y visualmente se estima la cantidad de asfalto del recubrimiento retenido, el cual es expresado como un porcentaje.

Los cuadros 4.5 y 4.6, resumen los resultados de ensayos Marshall de mezclas asfálticas sometidas a diferentes tiempos de curado (antes de ser compactadas).

Cuadro 4.5
Ensayo Marshall - Mezcla Asfáltica con Agregados de Cusco

Tiempo de Curado de Mezcla	0 horas					0.5 horas					1.0 horas				
	Nº de Briquetas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
% cemento asfáltico	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Densidad gr/cm ³	2.391	2.416	2.422	2.409	2.401	2.396	2.413	2.414	2.417	2.406	2.387	2.404	2.413	2.417	2.401
Vacíos (%)	4.0	2.3	1.4	1.2	0.8	3.9	2.6	1.8	1.0	0.6	4.6	3.2	2.0	1.2	1.0
V.M.A (%)	14.8	14.4	14.7	15.6	16.3	14.7	14.5	14.9	15.3	16.1	15.0	14.8	15.0	15.3	16.3
V.F.A (%)	72.8	83.8	90.3	92.4	95.0	73.6	82.0	88.1	93.8	96.3	69.2	78.6	86.6	92.6	94.3
Absorción de asfalto (%)	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Flujo (0.01")	10.3	11.7	12.7	13.7	15.7	11	12.3	13.3	15.3	17.0	12.7	14.7	16.3	18.3	19.3
Estabilidad (lb)	1711	1916.3	1993.7	1866.7	1770.7	1696	1906	1930	1774.3	1651.3	1722	1875	2005.3	1853.7	1726.7

... Continuación Ensayo Marshall - Mezcla Asfáltica con Agregados de Cusco

Tiempo de Curado de Mezcla	1.5 horas					2.0 horas				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Nº de Briquetas										
% cemento asfáltico	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Densidad gr/cm ³	2.379	2.395	2.404	2.413	2.415	2.379	2.395	2.401	2.411	2.400
Vacios (%)	5.0	3.8	2.7	1.4	0.7	5.2	3.7	2.5	1.2	0.9
V.M.A (%)	15.3	15.2	15.3	15.4	15.8	15.3	15.2	15.4	15.5	16.3
V.F.A (%)	66.9	75.0	82.6	90.8	95.6	66.0	75.3	83.9	92.0	94.5
Absorción de asfalto (%)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5
Flujo (0.01")	4.4	4.8	5.3	5.9	6.4	4.3	4.8	5.5	6.0	6.5
Estabilidad (lb)	1737	1959	2095.3	2019	1904	1867.3	2012	2064.7	1935	1887

Ensayo	0 horas	0.5 horas	1.0 horas	1.5 horas	2.0 horas
Índice de Compactabilidad	5.8	6.5	6.2	6.4	5.8
Agua Hervida (% recubrimiento)	50 - 60	--	--	---	90 - 100

Cuadro 4.6
Ensayo Marshall - Mezcla Asfáltica con Agregados de Arequipa

Tiempo de Curado de Mezcla	0 horas					2.0 horas					2.5 horas				
	Nº de Briquetas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
% cemento asfáltico	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Densidad gr/cm ³	2.218	2.227	2.236	2.247	2.238	2.191	2.212	2.231	2.244	2.258	2.190	2.214	2.225	2.247	2.259
Vacios (%)	5.6	4.5	3.2	1.9	1.5	8.2	6.6	5.1	3.9	2.9	8.5	6.5	5.8	3.8	3.0
V.M.A (%)	15.3	15.4	15.5	15.5	16.3	16.3	16.0	15.6	15.6	15.6	16.3	15.9	15.9	15.5	15.5
V.F.A (%)	63.3	71.0	79.3	87.7	90.9	49.8	58.7	67.2	75.1	81.5	48.3	58.9	63.8	75.5	80.6
Absorción de asfalto (%)	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	1.5	1.3	1.5
Flujo (0.01")	12.3	13.0	15.0	17.0	19.3	10.0	12.3	13.3	14.7	16.3	10.7	11.7	13.3	14.7	17.7
Estabilidad (lb)	2677	2719	2746	2748	2732	2105	2370	2610	2789	2543	2397	2585	2707	3117	2932

* Fuente Laboratorio MTC

... Continuación Ensayo Marshall - Mezcla Asfáltica con Agregados de Arequipa

Tiempo de Curado de Mezcla	3.0 horas					3.5 horas					4.0 horas				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Nº de Briquetas															
% cemento asfáltico	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Densidad gr/cm ³	2.194	2.216	2.238	2.260	2.258	2.193	2.210	2.230	2.247	2.261	2.197	2.223	2.237	2.251	2.269
Vacíos (%)	8.3	6.5	5.3	4.3	3.1	8.4	6.9	5.7	4.1	3.0	8.3	6.4	5.4	4.1	2.8
V.M.A (%)	16.2	15.8	15.4	15.0	15.6	16.2	16.0	15.8	15.5	15.5	16.1	15.5	15.4	15.4	15.2
V.F.A (%)	48.5	58.5	66.0	71.3	80.0	48.3	57.1	64.2	73.8	80.3	48.6	58.5	65.2	73.5	81.6
Absorción de asfalto (%)	1.4	1.3	1.5	1.3	1.5	1.5	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.6
Flujo (0.01")	11.7	12.7	14.0	15.3	17.3	9.7	11.7	12.7	14.3	17.0	10.7	12.7	13.7	15.3	17.7
Estabilidad (lb)	2129	2272	2571	2920	2601	1955	2171	2509	2791	2533	2222	2418	2810	3026	2615

* Fuente Laboratorio MTC

4.6 EVALUACION DE RESULTADOS

Es preciso observar como varían las propiedades de la mezcla asfáltica, a medida que se adiciona cemento asfáltico y se incrementan los tiempos de curado. De acuerdo a los cuadros anteriores 4.5 y 4.6, se desarrollaron gráficas que permiten observar dicha variación. El análisis correspondiente se describe en la sección **Anexos 01**.

4.6.1 DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO

Se calculó el promedio de cada grupo de briquetas (de acuerdo a sus respectivos contenidos de asfalto), graficándose las curvas densidad de la mezcla compactada, vacíos de aire, estabilidad, fluencia, vacíos en el agregado mineral, y vacíos llenos de asfalto, versus los porcentajes de cemento asfáltico.

Para seleccionar el óptimo contenido de asfalto, se promediaron los porcentajes de asfalto correspondientes a:

Mezcla asfáltica con agregados de Cusco:

Tiempos de Cuado	0 hr.	0.5 hr.	1.0 hr.	1.5 hr.	2.0 hr.
Máx. Densidad	5.9%	6.2%	6.3%	6.5%	6.5%
Máx. Estabilidad	6.0%	6.0%	6.1%	6.1%	6.2%
2% Vacíos	5.5%	5.2%	5.3%	5.4%	6.1%
Óptimo contenido de asfalto	5.8%	5.8%	5.9%	6.0%	6.3%

Mezcla asfáltica con agregados de Arequipa:

Tiempos de Cuado	0 hr.	2.0 hr.	2.5 hr.	3.0 hr.	3.5 hr.	4.0 hr.
Máx. Densidad	6.4%	6.9%	7.0%	6.8%	7.0%	7.0%
Máx. Estabilidad	6.3%	6.5%	6.4%	6.4%	6.5%	6.5%
2% Vacíos	6.4%	7.0%	6.9%	7.0%	7.0%	7.0%
Óptimo contenido de asfalto	6.4%	6.8%	6.8%	6.7%	6.8%	6.8%

Las curvas marshall y parámetros; correspondientes a los óptimos contenidos de cemento asfáltico de las mezclas con agregados de Cusco y Arequipa; se muestran en la sección **Anexos 02**.

4.6.2 PARAMETROS VOLUMÉTRICOS

Conociendo los valores de los contenidos óptimos de asfalto y sus correspondientes parámetros volumétricos, se desarrollaron gráficas que visualizan los comportamientos de las mezclas asfálticas cuando se incrementan los tiempos de curado.

Figura 4.3
Parámetros Volumétricos de la Mezcla Asfáltica Compactada

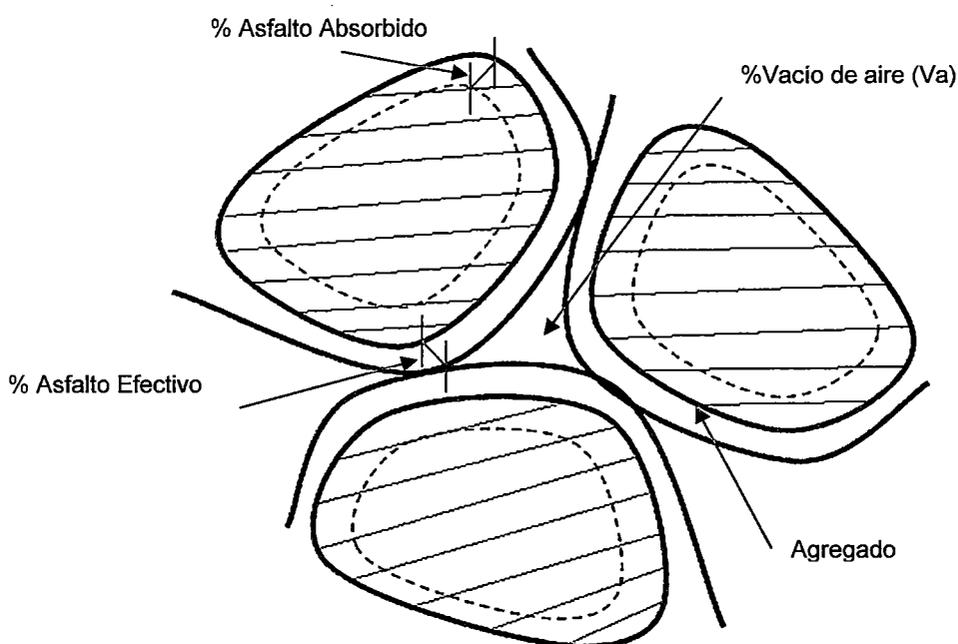
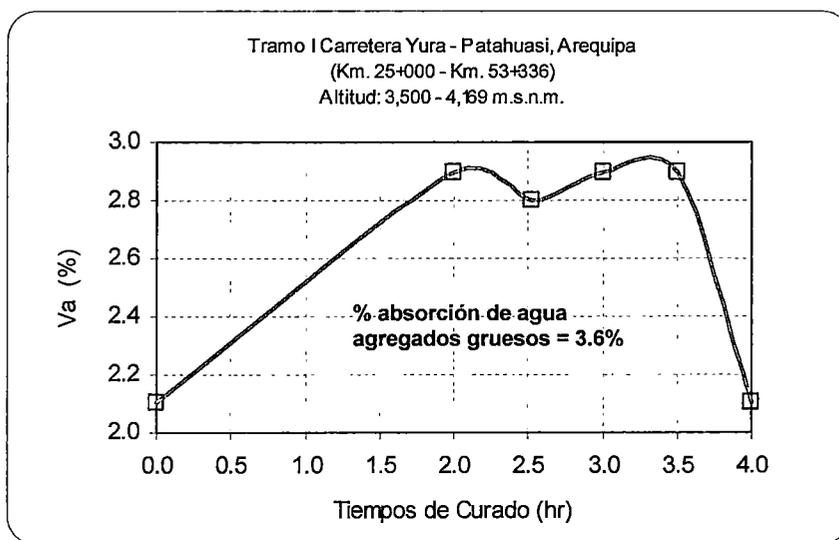
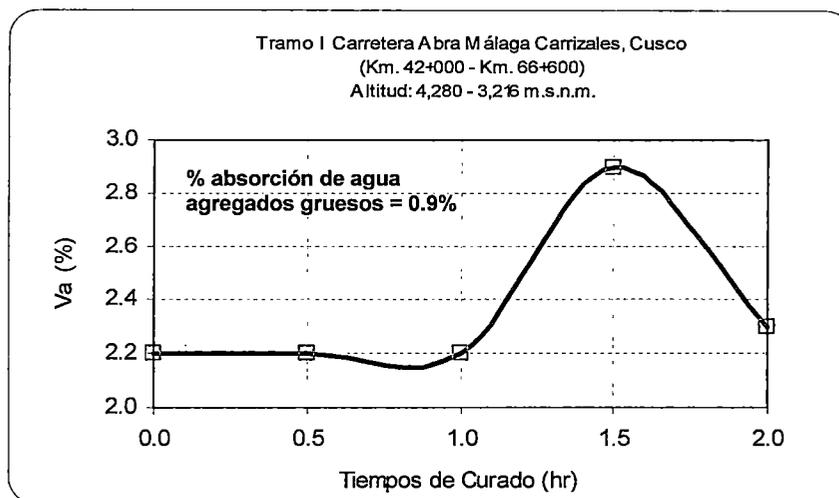
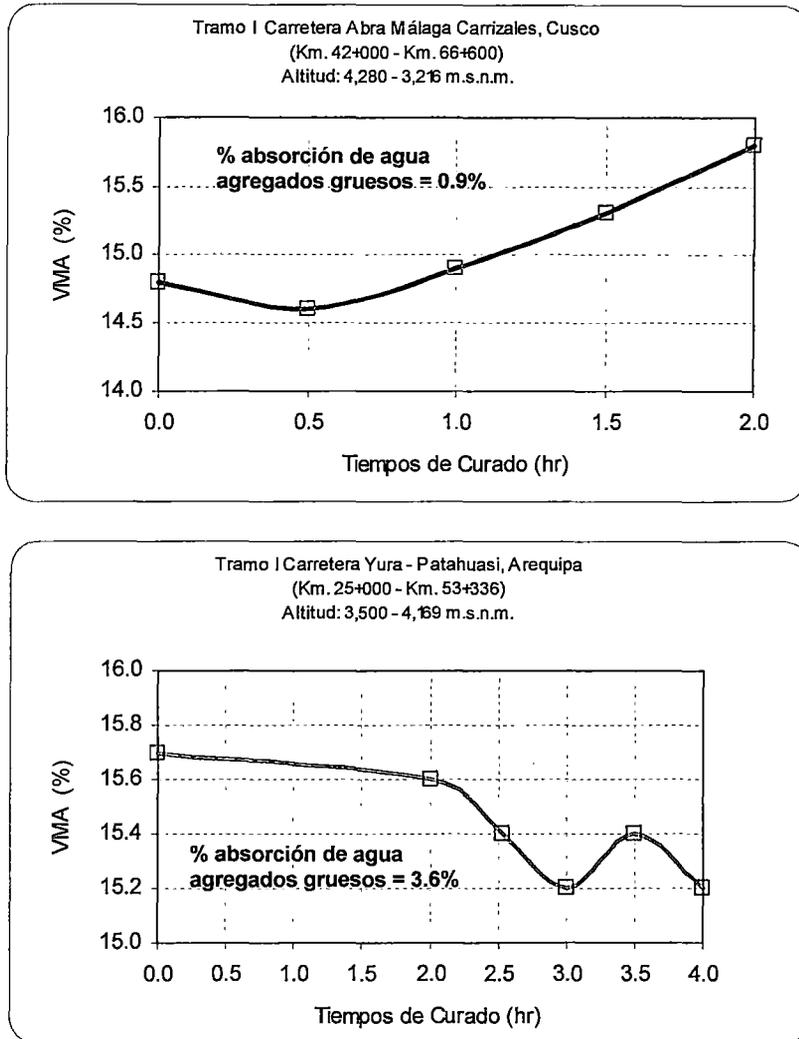


Figura 4.4
Vacíos de Aire vs. Tiempos de Curado



A medida que se incrementa el tiempo de curado, el porcentaje de vacíos V_a aumenta, lo que indica que la absorción está tomando lugar. Se observa, que las mezclas asfálticas con agregados de Cusco, mantienen dicha tendencia cuando se curan durante 1.5 hr, mientras que las mezclas asfálticas con agregados de Arequipa, muestran valores erráticos de vacíos de aire cuando se curan más de 2 hr.

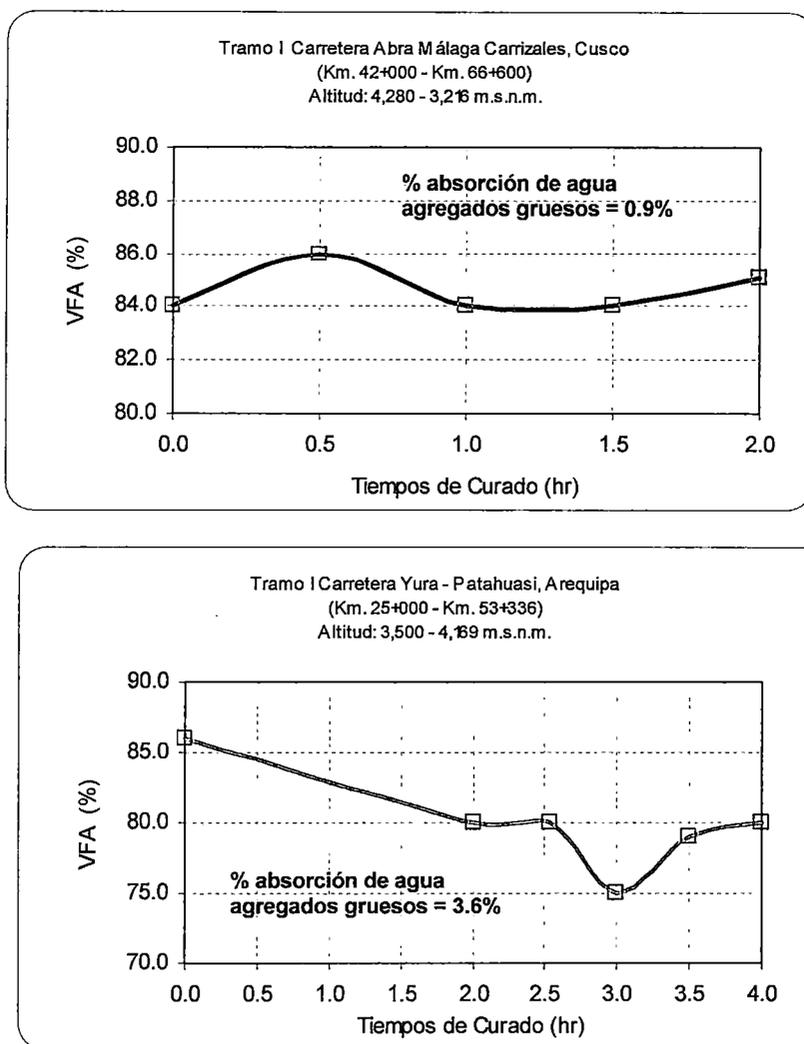
Figura 4.5
Vacíos en el Agregado Mineral vs. Tiempos de Curado



Cuando se incrementa el tiempo de curado, los vacíos de agregado mineral VMA aumentan, consecuencia del aumento de V_a y reducción del contenido de asfalto efectivo, situación que ocurre cuando la absorción está tomando lugar.

De acuerdo al análisis de V_a y las graficas de VMA, las mezclas asfálticas con agregados de Cusco, alcanzan su mayor VMA cuando se curan durante 1.5 hr, y las mezclas asfálticas con agregados de Arequipa, alcanzan el mayor VMA cuando se curan durante 2 hr, después de este tiempo la mezcla presenta en general tendencia al descenso; siendo esta irregular; los valores en estos casos están fuera de los límites aceptables.

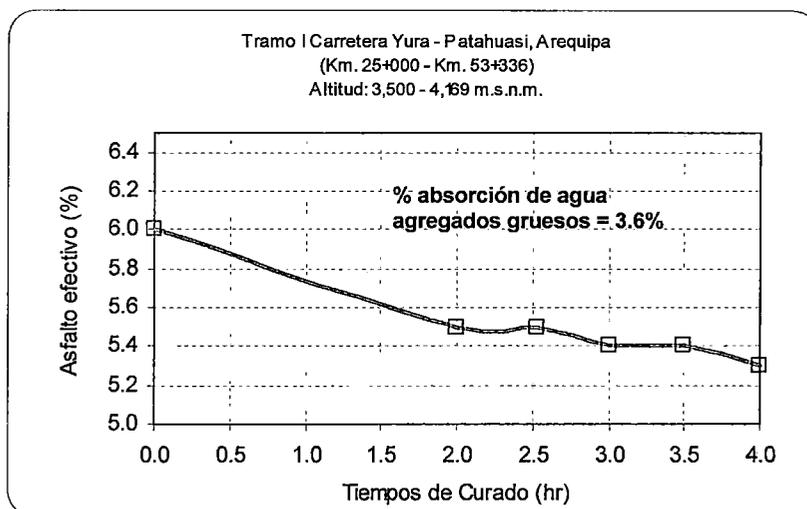
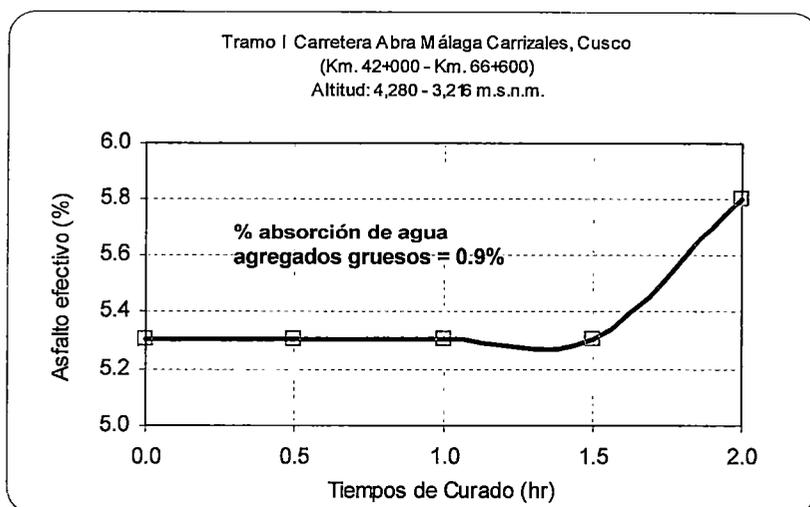
Figura 4.6
Vacíos llenos de Asfalto vs. Tiempos de Curado



Del análisis de los parámetros anteriores se observa que, cuando se incrementa el tiempo de curado y la absorción va tomando lugar, el contenido de asfalto efectivo disminuirá.

En las mezclas asfálticas con agregados de Cusco se observa que, cuando la mezcla es curada durante 1.5 hr los vacíos llenos de asfalto VFA han disminuido. Las mezclas asfálticas con agregados de Arequipa presentan su menor VFA cuando son curadas durante 2 hr, pasado este tiempo la gráfica muestra valores erráticos.

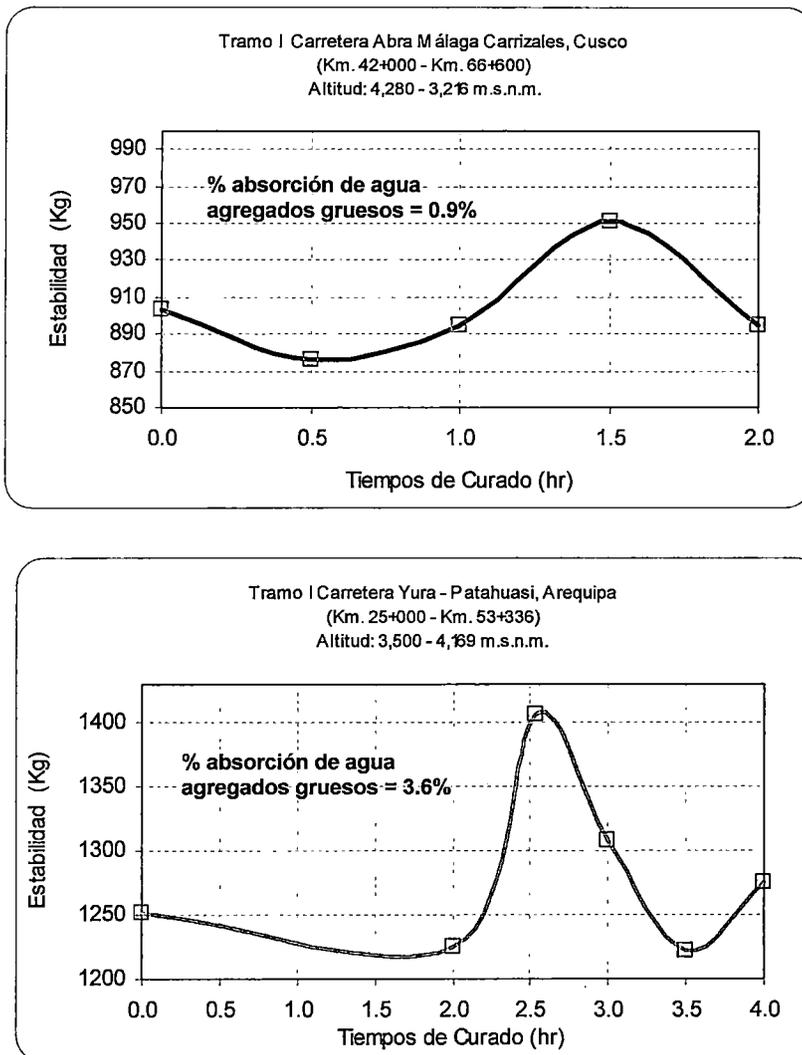
Figura 4.7
Asfalto Efectivo vs. Tiempos de Curado



De acuerdo a lo analizado hasta el momento, se observa que ante los incrementos de tiempos de curado el contenido de asfalto efectivo disminuye, por lo que, se reducirá el espesor de recubrimiento asfáltico de los agregados.

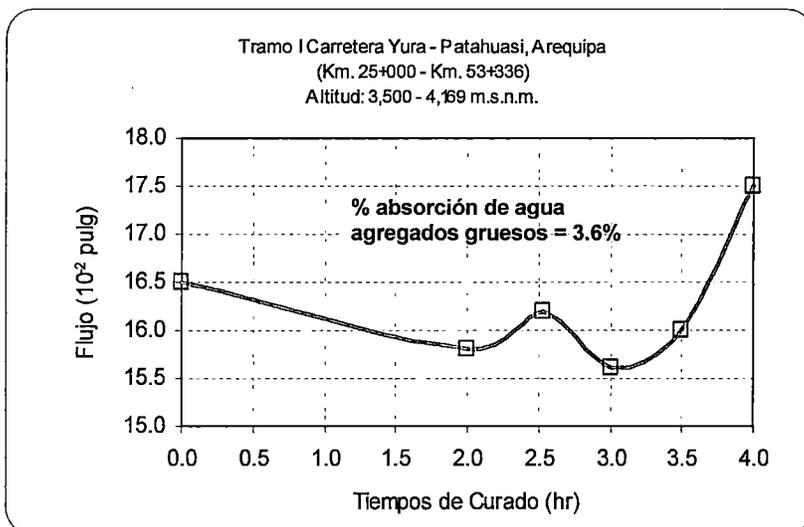
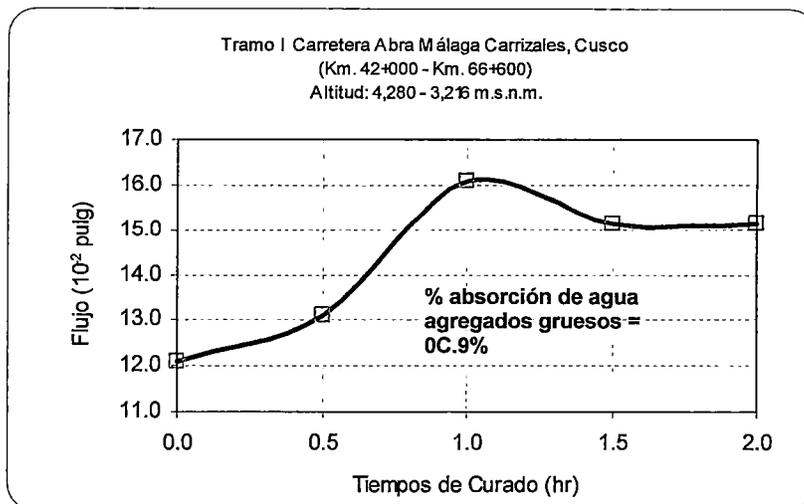
4.6.3 RIGIDEZ DE LA MEZCLA

Figura 4.8
Estabilidad vs. Tiempos de Curado



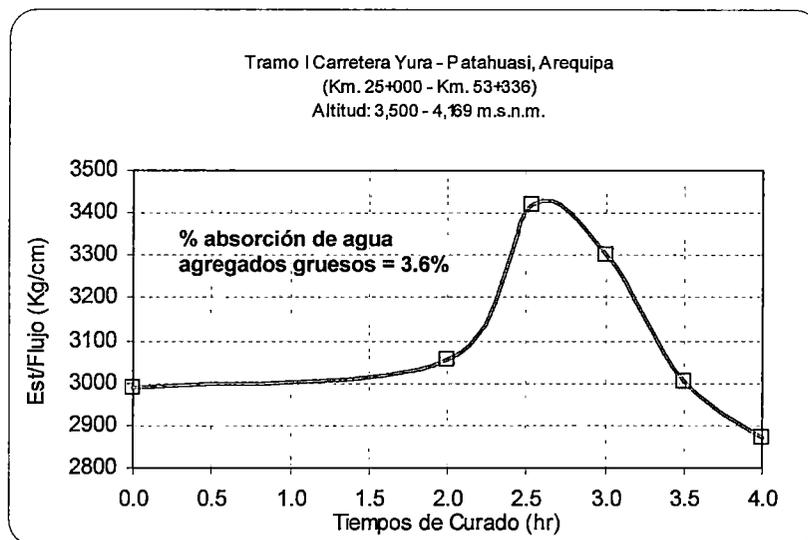
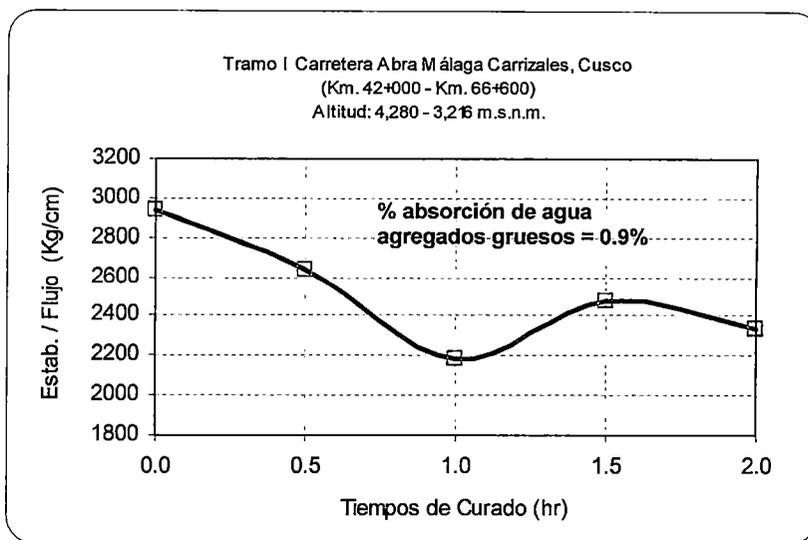
Las mezclas asfálticas con agregados de Cusco, aseguran la mayor estabilidad de la mezcla cuando se curan durante 1.5 hr. Las mezclas asfálticas con agregados de Arequipa, alcanzan su mayor estabilidad cuando se curan hasta 2.5 hr.

Figura 4.9
Fluencia vs. Tiempos de Curado



Los valores de fluidez de las mezclas asfálticas con agregados de Cusco, comienzan a disminuir a partir de 1.0 hr de curado, en el caso de las mezclas asfálticas con agregados de Arequipa, disminuyen para un tiempo de curado de 2 hr, pasado este tiempo no presentan una tendencia definida.

Figura 4.10
Índice de Rigidez vs. Tiempos de Curado



Las mezclas asfálticas de Cusco tienden a ser menos rígidas a partir de 1.0 hr de curado, sin embargo de acuerdo al análisis de estabilidad de la mezcla se escogerá como tiempo de curado de mezcla 1.5 hr.

Las mezclas asfálticas con agregados de Arequipa, presentan una menor rigidez cuando la mezcla es curada durante 2 hr.

4.6.4 RESUMEN DE LA EVALUACIÓN

Evaluada la influencia de los tiempos de curado sobre las propiedades de las mezclas asfálticas en la etapa de diseño, se observa de acuerdo a las gráficas elaboradas y al Cuadro 4.7; que resume los parámetros respectivos; lo siguiente:

- Las mezclas asfálticas con agregados de Cusco y Arequipa presentan propiedades volumétricas adecuadas cuando son curadas hasta 1.5 hr y 2.0 hr respectivamente (antes de ser compactadas), cumpliendo con las Especificaciones Técnicas EG-2000.
- Debido a que el porcentaje de asfalto efectivo es un parámetro importante; especialmente para pavimentos en zonas de altura; y dado el grado de absorción de los agregados de Cusco, se observa que las mezclas asfálticas respectivas reportan valores de índice de rigidez dentro de lo establecido en las EG-2000 vigentes. Cuando se utilizan agregados de Arequipa (debido a su naturaleza altamente absorbente), reportan valores de índice de rigidez sobre el límite superior establecido en las actuales especificaciones técnicas.
- A pesar que los valores de Fluidez (para las mezclas asfálticas con ambos tipos de agregados) se encuentran fuera del rango establecido en las especificaciones técnicas EG-2000 vigentes; con excepción de las mezclas con agregados de Cusco para 0 hr y 0.5 hr de curado; el análisis de las gráficas desarrolladas muestra que las mezclas asfálticas reportan mayores valores de estabilidad cuando son curadas durante 1.5 hr en el caso de emplear agregados de Cusco, obteniéndose valores de índice de rigidez dentro de lo establecido en las especificaciones mencionadas. Y cuando se utilizan agregados de Arequipa, se observa que el menor valor de índice de rigidez se da cuando la mezcla es curada durante 2 hr, sin embargo dicho valor se encuentra sobre el límite superior establecido en las actuales especificaciones técnicas.

Cuadro 4.7
Influencia del Tiempo de Curado sobre las Propiedades de la Mezcla Asfáltica

Mezcla asfáltica con Agregados de Cusco

Tiempo de Curado	Óptimo Asfalto	%Abs. Asfalto	%Abs. Efectiva	Densidad G_{mb} (gr/cm ³)	Densidad $G_{mm}^{2.5}$ (gr/cm ³)	%Va	%VMA	%VFA	Estabilidad (Kg.)	Fluencia (10 ⁻² pulg.)	Estab./Flujo (Kg/cm)
0.0 hr	5.8 %	0.5	5.3	2.421	2.464	2.2	14.8	84	903	12.1	2940
0.5 hr	5.8 %	0.5	5.3	2.412	2.466	2.2	14.6	86	876	13.1	2633
1.0 hr	5.9 %	0.6	5.3	2.412	2.466	2.2	14.9	84	894	16.1	2187
1.5 hr	6.0 %	0.7	5.3	2.406	2.470	2.9	15.3	84	951	15.1	2480
2.0 hr	6.3 %	0.5	5.8	2.412	2.449	2.3	15.8	85.1	894	15.1	2332
Espec. Técnica. EG-2000 MTC		---	---	---	---	(2-4)%	Min. 13%	---	Min. 815 Kg.	(8-14)x10 ⁻² pulg	(1700-3000)Kg/cm

Mezcla asfáltica con Agregados de Arequipa

Tiempo de Curado	Óptimo Asfalto	%Abs. Asfalto	%Abs. Efectiva	Densidad G_{mb} (gr/cm ³)	Densidad $G_{mm}^{2.5}$ (gr/cm ³)	%Va	%VMA	%VFA	Estabilidad (Kg.)	Fluencia (10 ⁻² pulg.)	Estab./Flujo (Kg/cm)
0.0 hr	6.4 %	0.4	6.0	2.247	2.295	2.1	15.7	86	1252	16.5	2988
2.0 hr	6.8 %	1.3	5.5	2.259	2.329	2.9	15.6	80	1226	15.8	3054
2.5 hr	6.8 %	1.3	5.5	2.257	2.332	2.8	15.4	80	1406	16.2	3418
3.0 hr	6.7 %	1.3	5.4	2.268	2.335	2.9	15.2	75	1307	15.6	3300
3.5 hr	6.8 %	1.4	5.4	2.260	2.332	2.9	15.4	79	1221	16.0	3005
4.0 hr	6.8 %	1.5	5.3	2.268	2.339	2.1	15.2	80	1276	17.5	2870
Espec. Técnica. EG-2000 MTC		---	---	---	---	(2-4)%	Min. 13%	---	Min. 815 Kg.	(8-14)x10 ⁻² pulg	(1700-3000)Kg/cm

4.6.5 CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

El control de calidad de la mezcla asfáltica se inicia en la producción (planta de asfalto) y termina con la compactación en sitio.

Durante la producción, es importante verificar que la mezcla asfáltica se este mezclando correctamente para obtener un nivel óptimo de propiedades volumétricas, con la finalidad de obtener propiedades uniformes y características similares con las que fue diseñada en laboratorio.

Los factores que pueden variar la calidad de la mezcla asfáltica ocurren:

Durante la producción en planta:

- Por causa de variaciones del contenido de asfalto y granulometría.
- Debido a la temperatura inapropiada de los agregados. El asfalto que se adiciona al agregado durante la mezcla asimila la temperatura de mezcla inmediatamente, si los agregados son calentados excesivamente pueden provocar el endurecimiento acelerado del asfalto, si el agregado es calentado a una temperatura inferior a la especificada, el asfalto difícilmente se adherirá, ocasionando una mezcla difícil de manipular y extender.

Durante la compactación en campo:

- Debido a variaciones en la temperatura y energía de compactación. La mezcla compactada en sitio puede tener parámetros volumétricos y propiedades mecánicas diferentes a las consideradas en el diseño. Si la capa asfáltica se esparce a una temperatura demasiado elevada; mientras transcurre el tiempo de espera en que la capa permite el paso del rodillo; la mezcla abierta y sin compactar absorberá una alta tasa de oxígeno, produciendo la oxidación y envejecimiento prematuro de la mezcla.

Asimismo, cuando la mezcla asfáltica sea transportada, se deben cubrir a los camiones transportadores de mezclas con lonas herméticas, con la finalidad de impedir la oxigenación superficial de la mezcla, evitando además el enfriamiento del material.

Capítulo 05.

VALIDEZ DE HIPÓTESIS

VALIDEZ DE HIPÓTESIS

5.1 VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS

“El porcentaje real de absorción de asfalto; para agregados altamente absorbentes; se puede obtener a partir de ensayar muestras con diferentes tiempos de curado; previos al proceso de compactación de laboratorio; determinando para cada caso propiedades volumétricas, pesos específicos, trabajabilidad y resistencia a la humedad de la mezcla, a fin de establecer la relación: Tiempo de curado - Absorción de asfalto en los agregados.”

El porcentaje de absorción de asfalto en los agregados altamente absorbentes, ha sido determinado mediante el empleo del método marshall; regido bajo la norma ASTM D 6926(04); el cual establece el curado de la mezcla asfáltica antes de su compactación mínimo una hora y máximo dos horas. El referido método no limita el porcentaje de absorción de los agregados utilizados en la fabricación de la mezcla.

El método ha permitido calcular; para cada incremento de tiempo de curado empleado en el moldeo de las briquetas de ensayo (30 minutos); el porcentaje de asfalto absorbido, resultando variables en función al tiempo de curado y al grado de absorción de los agregados empleados.

Por tanto, efectuando el curado de la mezcla antes del proceso de compactación según la norma ASTM D 6926(04), es posible cuantificar el porcentaje de absorción en cada caso, permitiendo analizar la variabilidad de las propiedades de la mezcla en cada incremento, estableciendo el tiempo hasta el cual la mezcla aún se encuentre en el rango tolerable por las Especificaciones Técnicas.

Las Figuras 5.1 y 5.2 muestran la relación Tiempo de asfalto en los agregados. Consecuencia del análisis sus hipótesis (tipo Relacional-Predictiva) planteada.

Figura 5.1
Porcentaje de Asfalto Absorbido- Mezcla Asfáltica con Agregados

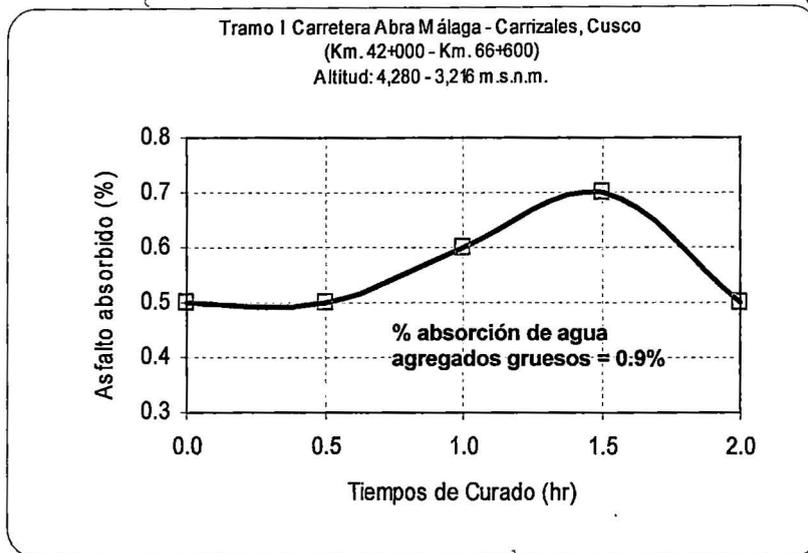
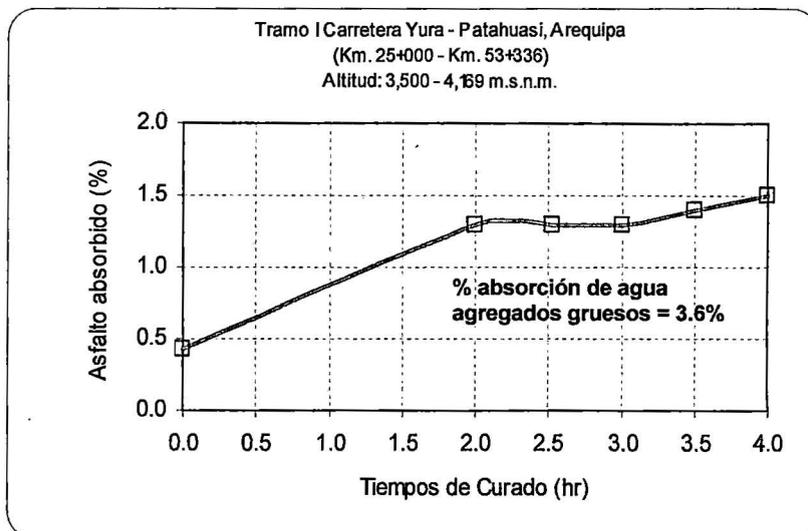


Figura 5.2
Porcentaje de Asfalto Absorbido- Mezcla Asfáltica con Agregados de Arequipa



Capítulo 06.

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL EMPLEO DE AGREGADOS ALTAMENTE ABSORBENTES EN EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL EMPLEO DE AGREGADOS ALTAMENTE ABSORBENTES EN EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

6.1 INTRODUCCIÓN

Los resultados de los parámetros volumétricos son diferentes cuando se simula el tiempo que tarda un camión desde la carga (en la planta de asfalto) hasta su colocación en obra; permitiendo que el asfalto sea absorbido por el agregado dentro de la mezcla; sin embargo, dicho tiempo es muy variable, pues depende de la distancia entre ambos puntos; planta de asfalto-zona del proyecto; y de las dificultades que se puedan presentar en obra.

El presente capítulo aborda la viabilidad económica de diseñar la mezcla asfáltica aplicando el tiempo de curado adecuado para cada tipo de agregado estudiado. Además, se demuestra que el tiempo desde la producción de la mezcla hasta su colocación en obra, es un parámetro imprescindible para el cálculo correcto de sus propiedades volumétricas.

6.2 ANALISIS DE COSTOS

6.2.1 MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADOS DE CUSCO

Después de elegir el tiempo de curado adecuado (1.5 hr.) que proporcione el óptimo comportamiento de las mezclas asfálticas empleando los agregados correspondientes al tramo de carretera Abra Málaga-Carrizales, se realizó la comparación de los volúmenes de materiales que intervienen en la mezcla asfáltica y el costo por metro cúbico correspondiente, entre la mezcla asfáltica sin curar y cuando es sometida al tiempo de curado obtenido.

Paso 1.- Cantidades de componentes por m³ de carpeta asfáltica.

Materiales componentes	Simbología	Peso Específico (gr/cm ³)	% En Peso de Mezcla	
			Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 1.5 hr de curado
Cemento Asfáltico PEN 120-150	G _b	1.014	5.8 %	6.0 %
Agregado Grueso	G _{ag}	2.722	40.0%	
Agregado Fino	G _{af}	2.641	59.0%	
Relleno Mineral (Cal Hidratada)	G _{rm}	2.273	1.0%	

Peso Específico de la Mezcla Asfáltica Compactada G _{mb} (Ton/m ³)	Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 1.5 hr de curado
		2.421

Paso 2.- Pesos de los componentes por m³ de carpeta asfáltica.

Materiales componentes	Simbología	Und.	Fórmula	Ton / m ³	
				Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 1.5 hr de curado
Cemento Asfáltico PEN 120-150	W _b	Ton	% Cemento Asfáltico x G _{mb}	0.1404	0.1444
Agregado Grueso	W _{ag}	Ton	% Agregado Grueso x G _{mb}	0.9684	0.9624
Agregado Fino	W _{af}	Ton	% Agregado Fino x G _{mb}	1.4284	1.4195
Relleno Mineral (Cal Hidratada)	W _{rm}	Ton	% Relleno Mineral x G _{mb}	0.0242	0.0241

Paso 3.- Volúmenes de los componentes por m³ de carpeta asfáltica.

Materiales componentes	Simbología	Und.	Fórmula	Und / m ³	
				Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 1.5 hr de curado
Cemento Asfáltico PEN 120-150	V _b	m ³	W _b / G _b	0.1385	0.1424
Agregado Grueso	V _{ag}	m ³	W _{ag} / G _{ag}	0.3558	0.3536
Agregado Fino	V _{af}	m ³	W _{af} / G _{af}	0.5409	0.5375
Relleno Mineral (Cal Hidratada)	V _{rm}	m ³	W _{rm} / G _{rm}	0.0107	0.0106

Se obtiene el siguiente cuadro:

Cuadro 6.1
Volúmenes de los Componentes por m³ de Carpeta Asfáltica-Cusco

Materiales componentes	Und.	Fórmula	Und / m ³	
			Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 1.5 hr de curado
Cemento Asfáltico PEN 120-150	Gal	V _b x 264.172	36.5824	37.6093
Agregado Grueso	m ³	V _{ag}	0.3558	0.3536
Agregado Fino	m ³	V _{af}	0.5409	0.5375
Relleno Mineral (Cal Hidratada)	Ton	W _{rm} x 1000	0.0107	0.0106

* 1 Gal = 0.003785 m³

El costo referencial; por metro cúbico; de agregados transportados desde cantera hasta la planta de asfalto es:

CANTERA CANCHAYOC	ACTIVIDADES	PRECIO(S/. /m ³)
Piedra chancada	Extracción de cantera con excavadora, transporte interno, chancado de material, transporte de material con carguío D=10Km.	S/. 42.97
Arena Chancada		S/. 27.26
CANTERA YANAHUARA		
Arena Zarandeada	Extracción de cantera con excavadora, transporte interno, zarandeo mecánico por gravedad, transporte de material con carguío D=50Km.	S/. 59.51

Fuente: Supervisión SerConsult Motilma-Tramo Abra Málaga-Carrizales

La figura 6.1 esquematiza la ubicación de las canteras y la planta de asfalto en el tramo de carretera estudiado.

De los volúmenes de materiales indicados en el cuadro 6.1, se obtiene el costo de mezcla asfáltica por metro cúbico, indicado en el cuadro adjunto.

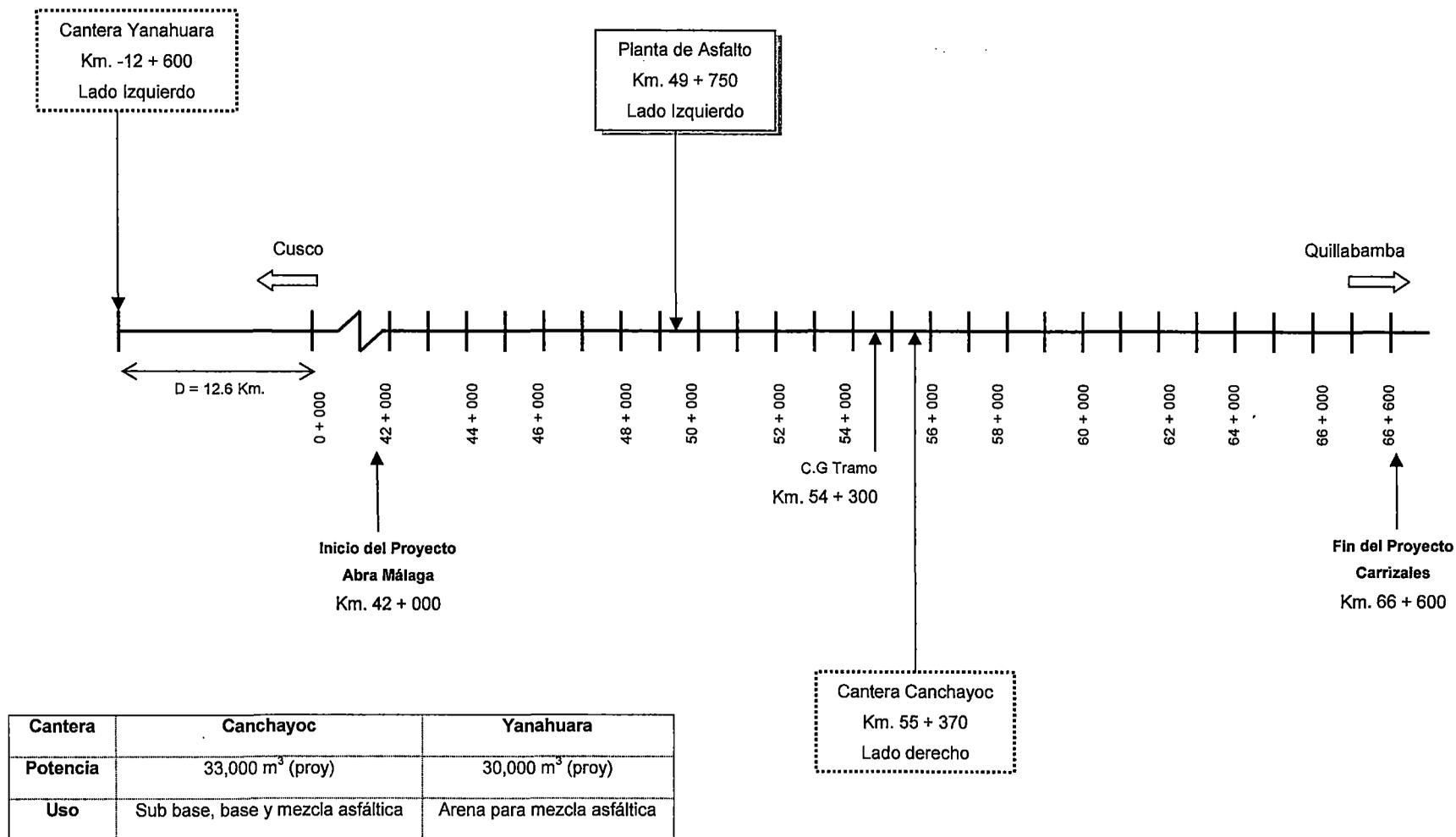
Cuadro 6.1.1
Costo de Mezcla Asfáltica con Agregados de Cusco

Insumo	Precio Unitario (Nuevos Soles) Inc. IGV	Cantidad Und / m ³		Costo S/. / m ³	
		Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 1.5 hr de curado	Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 1.5 hr de curado
* Cemento Asfáltico PEN 120-150	S/. 6.96 / Gal	36.5824	37.6093	254.61	261.76
Agregado Grueso	S/. 42.97 / m ³	0.3558	0.3536	16.26	16.15
** Agregado Fino					
Canchayoc	S/. 27.26 / m ³	0.5 x 0.5409	0.5 x 0.5375	7.37	7.33
Yanahuara	S/. 59.51 / m ³	0.5 x 0.5409	0.5 x 0.5375	16.09	15.99
Relleno Mineral (Cal Hidratada)	S/. 587.2 / Ton	0.0107	0.0106	6.25	6.22
Costo de Mezcla Asfáltica por m³				S/. 299.62	S/. 306.49

*Costo de cemento asfáltico Octubre 2007, Refinería Conchán-Petroperú

** El agregado fino es producto de la combinación de arenas (50% en volumen) de las canteras Canchayoc y Yanahuara.

FIGURA 6.1
CROQUIS DE OBRA - CUSCO



6.2.2 MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADOS DE AREQUIPA

Después de elegir el tiempo de curado adecuado (2.0 hr.) que proporcione el óptimo comportamiento de las mezclas asfálticas, empleando agregados correspondientes al tramo de carretera Yura-Patahuasi, se realizó la comparación de los volúmenes de materiales que intervienen en la mezcla asfáltica, y el costo por metro cúbico correspondiente, entre la mezcla asfáltica sin curar y cuando es sometida al tiempo de curado obtenido.

Paso 1.- Cantidades de componentes por m^3 de carpeta asfáltica.

Materiales componentes	Simbología	Peso Específico (gr/cm ³)	% En Peso de Mezcla	
			Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 2.0 hr de curado
Cemento Asfáltico PEN 120-150	G _b	1.014	6.4 %	6.8 %
Agregado Grueso	G _{ag}	2.361	45.0%	
Agregado Fino	G _{af}	2.600	55.0%	

Peso Específico de la Mezcla Asfáltica Compactada G _{mb} (Ton/m ³)	Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 2.0 hr de curado
		2.247

Paso 2.- Pesos de los componentes por m^3 de carpeta asfáltica.

Materiales componentes	Simbología	Und.	Fórmula	Ton / m ³	
				Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 2.0 hr de curado
Cemento Asfáltico PEN 120-150	W _b	Ton	% Cemento Asfáltico x G _{mb}	0.1438	0.1536
Agregado Grueso	W _{ag}	Ton	% Agregado Grueso x G _{mb}	1.0112	1.0166
Agregado Fino	W _{af}	Ton	% Agregado Fino x G _{mb}	1.2359	1.2425
Aditivo Mejorado de Adherencia (incluido en el PEN 120-150)	W _{ad}	Ton	% 0.5 x W _b	0.000719	0.000768

Paso 3.- Volúmenes de los componentes por m³ de carpeta asfáltica.

Materiales componentes	Simbología	Und.	Fórmula	Und / m ³	
				Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 2.0 hr de curado
Cemento Asfáltico PEN 120-150	V _b	m ³	W _b / G _b	0.1385	0.1424
Agregado Grueso	V _{ag}	m ³	W _{ag} / G _{ag}	0.3558	0.3536
Agregado Fino	V _{af}	m ³	W _{af} / G _{af}	0.5409	0.5375

Se obtiene el siguiente cuadro:

Cuadro 6.2
Volúmenes de los componentes por m³ de carpeta asfáltica-Arequipa

Materiales componentes	Und.	Fórmula	Und / m ³	
			Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 2.0 hr de curado
Cemento Asfáltico PEN 120-150	Gal	V _b x 264.172	37.4655	40.0197
Agregado Grueso	m ³	V _{ag}	0.4283	0.4306
Agregado Fino	m ³	V _{af}	0.4753	0.4779
Aditivo mejorador de adherencia	Ton	W _m x 1000	0.7190	0.7681

El costo referencial; por metro cúbico; de agregados transportados desde cantera hasta la planta de asfalto es:

CANTERA SALAS	ACTIVIDADES	PRECIO (S/. /M ³)
Piedra chancada	Extracción de cantera con excavadora, transporte interno, chancado de material, transporte de material con carguío.	S/. 33.50
Arena Chancada		S/. 26.40

Fuente: Estudio de Factibilidad e Ingeniería definitiva, Tramo I Yura-Patahuasi.

La figura 6.2 esquematiza la ubicación de las canteras y la planta de asfalto en el tramo de carretera estudiado.

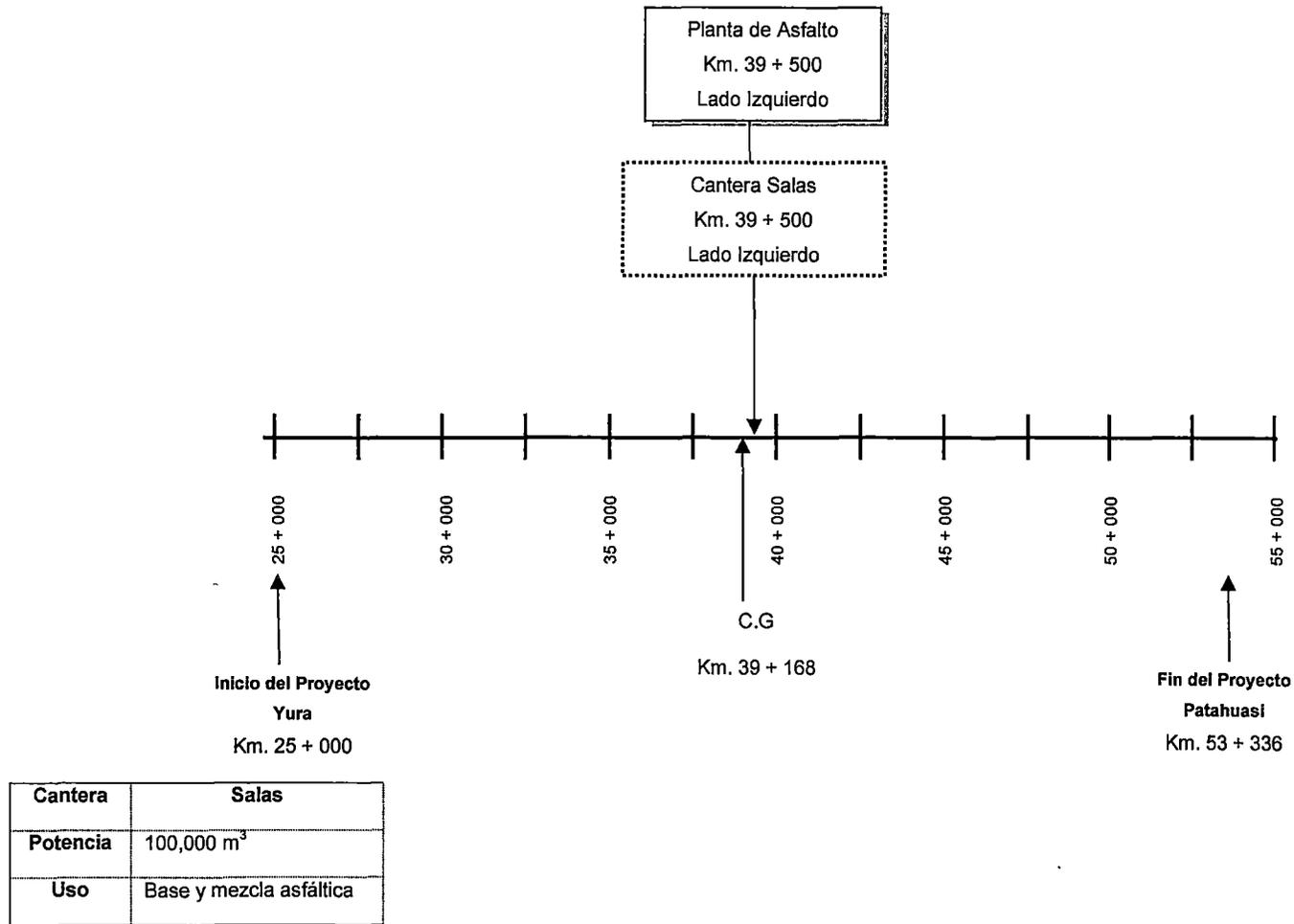
De los volúmenes de materiales indicados en el cuadro 6.2, se obtiene el Costo de mezcla asfáltica por metro cúbico, indicado en el cuadro adjunto.

Cuadro 6.2.1
Costo de Mezcla Asfáltica con Agregados de Arequipa

Insumo	Precio Unitario (Nuevos Soles) Inc. IGV	Cantidad Und / m ³		Costo S/. / m ³	
		Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 2.0 hr de curado	Mezcla asfáltica Convencional	Mezcla asfáltica con 2.0 hr de curado
*Cemento Asfáltico PEN 120-150	S/. 6.96 / Gal	37.4655	40.0197	260.76	278.54
Agregado Grueso	S/. 33.50 / m ³	0.4283	0.4306	14.35	14.42
Agregado Fino	S/. 26.40 / m ³	0.4753	0.4779	6.27	6.31
Aditivo mejorador de adherencia	S/. 27.10 / Kg	0.0107	0.0106	19.49	20.81
Costo de Mezcla Asfáltica por m³				S/. 300.87	S/. 320.08

*Costo de cemento asfáltico Octubre 2007, Refinería Conchán-Petroperú

FIGURA 6.2
CROQUIS DE OBRA - AREQUIPA



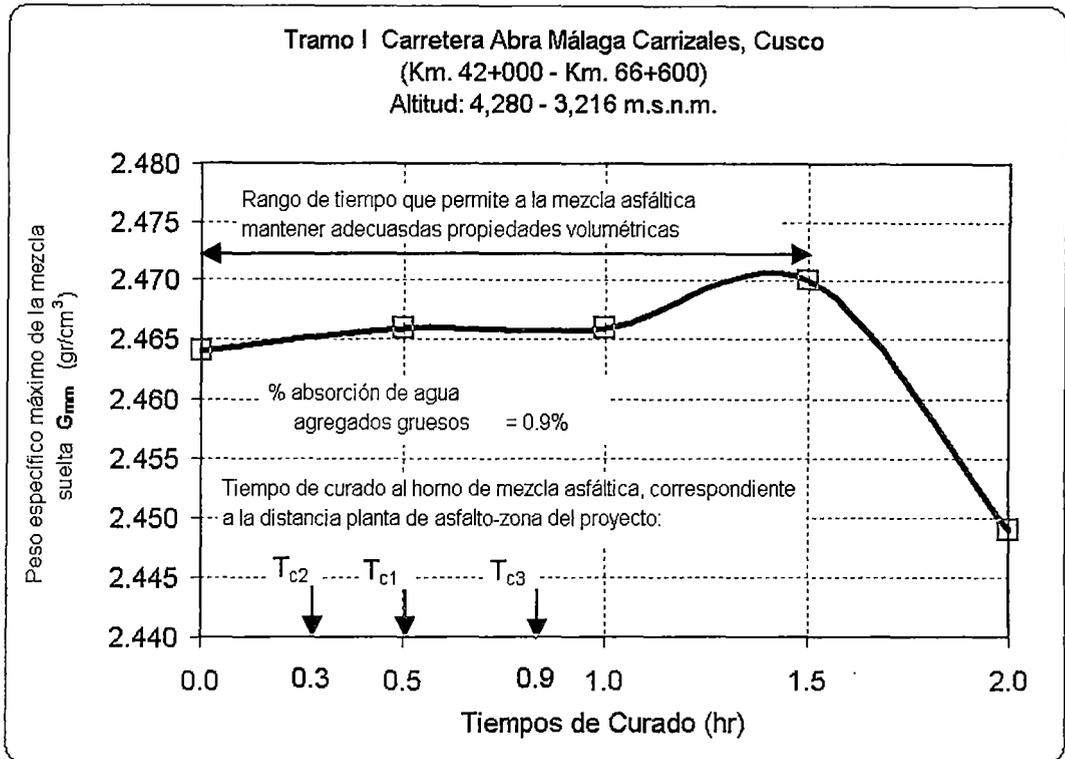
6.3 EVALUACIÓN DE ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO

Es preciso indicar que los tiempos de curado 1.5 hr y 2.0 hr determinados en la presente investigación para las mezclas asfálticas con agregados de Cusco y Arequipa respectivamente, cumplen con las propiedades de mezcla para asegurar el adecuado comportamiento en pavimentos en zonas de altura.

De acuerdo a la ubicación de la planta de asfalto para cada tramo de carretera se obtendrá el tiempo al cual se curará la mezcla asfáltica, permitiendo realizar el cálculo preciso de sus propiedades volumétricas de acuerdo al nivel de absorción respectiva.

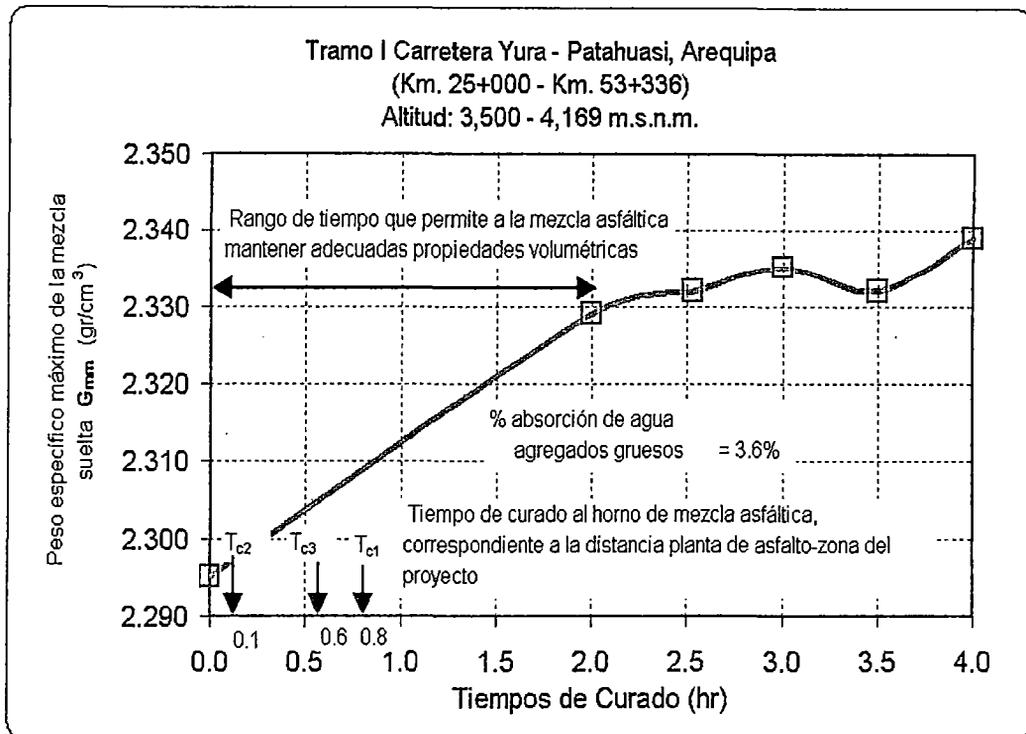
En los tramos de carretera Abra Málaga-Carrizales (ver figura 6.1) y Yura-Patahuasi (ver figura 6.2) se pueden calcular los tiempos de transporte de las mezclas asfálticas; de acuerdo a la ubicación de la planta de asfalto respectiva. Tomando en cuenta los tiempos de producción, carga, cola de volquetes, descarga y esparcido, las figuras 6.3 y 6.4 permiten mostrar los tiempos de curado de las mezclas asfálticas para cada frente de trabajo. En ambos casos se asume una velocidad de transporte de mezcla de 30 Km/hr.

Figura 6.3
Tiempos de Curado de Mezclas Asfálticas, Carretera Abra Málaga - Carrizales



Frente de Trabajo	Distancias	Tiempo de Transporte	Tiempo de Curado (T _c)
Planta de asfalto-Inicio del tramo	7.75 Km.	0.26 hr	T _{c1} = 0.50 hr
Planta de asfalto- c.g del tramo	4.55 Km.	0.15 hr	T _{c2} = 0.30 hr
Planta de asfalto-Fin del tramo	16.85 Km.	0.56 hr	T _{c3} = 0.90 hr

Figura 6.4
Tiempos de Curado de Mezclas Asfálticas, Carretera Yura - Patahuasi



Frente de Trabajo	Distancias	Tiempo de Transporte	Tiempo de Curado (T _C)
Planta de asfalto-Inicio del tramo	14.50 Km.	0.48 hr	T _{C1} = 0.80 hr
Planta de asfalto- c.g del tramo	0.33 Km.	0.01 hr	T _{C2} = 0.10 hr
Planta de asfalto-Fin del tramo	13.84 Km.	0.23 hr	T _{C3} = 0.60 hr

Las figuras anteriores permiten visualizar que debido a la variabilidad de distancias entre la planta de asfalto y la zona del proyecto, las mezclas asfálticas deben ser curadas, dado que los agregados respectivos continúan absorbiendo asfalto hasta un tiempo determinado; tal como se ha demostrado en la presente investigación. Observándose además que, en ambos proyectos (Cusco y Arequipa) los tiempos en que las mezclas asfálticas serán curadas; de acuerdo a sus frentes de trabajo; se encuentran dentro de los rangos de curado determinados, permitiendo el cálculo preciso de las propiedades volumétricas.

Sin embargo, si fuera el caso en que el tiempo de curado calculado para un frente de trabajo se encuentre fuera del rango establecido (1.5 hr y 2.0 hr) dichos agregados no podrían ser empleados, puesto que pasado dicho periodo se ha comprobado que la mezcla reporta propiedades volumétricas erráticas, afectando directamente su calidad. En este caso, se podría analizar la opción de cambiar la ubicación de la planta de asfalto, de modo de permitir emplear los agregados de la zona con un adecuado proceso de curado que asegure el cálculo correcto de sus propiedades volumétricas.

Por ello, si no se ha previsto curar la mezcla asfáltica, se tienen dos situaciones claramente marcadas:

- * Cuando dichas distancias son largas; dado que los agregados continúan absorbiendo cemento asfáltico; la mezcla presentará una reducción del grosor de la película de recubrimiento de los agregados, factor importante ante la incidencia de los rayos ultravioletas.
- * En el caso en que las distancias mencionadas resulten cortas, se tendrá una mezcla sobre asfáltica, ocasionando pavimentos exudados, los cuales resultan peligrosos para el tráfico en tiempos húmedos, pues se tornan resbaladizos.

En consecuencia, la variabilidad de distancias desde la producción de la mezcla hasta su colocación en obra es un dato imprescindible en el cálculo preciso de sus propiedades volumétricas.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En base al análisis de resultados de la presente tesis, es posible concluir lo siguiente:

- Los agregados estudiados corresponden a regiones superiores a los 3,000 m.s.n.m, presentando una marcada diferencia de absorción respecto a los agregados gruesos, 0.9% correspondientes a los agregados de Cusco y 3.6% a los de Arequipa. Demostrándose que, la necesidad de determinar la cantidad de asfalto absorbido; previo proceso de curado de la mezcla asfáltica; no solo es importante en los agregados altamente absorbentes, sino para cualquier porcentaje de absorción que posean los agregados, por ende, el proceso de curado no se limita a mezclas asfálticas para pavimentos en zonas de altura.
- Los ensayos de susceptibilidad térmica y susceptibilidad al envejecimiento realizados al cemento asfáltico PEN 120-150 procedente de la Refinería Conchán-Petroperú, reportan valores satisfactorios. Dichos resultados han sido determinantes para la definición del ligante a emplear, ya que son indicativos del adecuado comportamiento del cemento asfáltico, y por tanto, de la performance de la mezcla asfáltica para la construcción de pavimentos en zonas de altura.
- El análisis de adicionar contenidos de cemento asfáltico PEN 120-150 a medida que se incrementan los tiempos en que la mezcla asfáltica es curada al horno, permitió visualizar que la absorción del cemento asfáltico se va completando para un determinado tiempo de curado.
- El procedimiento de curar la mezcla asfáltica en la etapa de diseño (antes del proceso de compactación) favorece el cálculo preciso de las propiedades volumétricas, especialmente cuando se emplean agregados altamente absorbentes, pues permite conocer el tiempo en el que las mezclas mantienen sus propiedades volumétricas adecuadas. Se demostró que las mezclas asfálticas con agregados de Cusco absorben asfalto hasta 1.5 hr, y los procedentes de Arequipa hasta 2 hr.

- Se determinó un contenido óptimo de cemento asfáltico de 6.0%, para la mezcla asfáltica con agregados de Cusco; al ser curada durante 1.5 hr; mientras que la mezcla sin curar reportó 5.8%. El resultado de comparar ambas situaciones, demostró que la mezcla asfáltica curada posee menor rigidez, característica favorable para pavimentos en zonas de altura.

La mezcla asfáltica con agregados de Arequipa; cuando es curada durante 2.0 hr, presenta un contenido óptimo de cemento asfáltico de 6.8%, mientras que la mezcla sin curar reportó 6.4%. El resultado de comparar ambas situaciones, demostró que la mezcla asfáltica curada posee mayor rigidez, encontrándose sobre el límite superior según lo establecido en las especificaciones EG-2000 vigentes.

- Los tiempos de curado determinados en la presente investigación correspondientes a las mezclas asfálticas con agregados de Cusco (1.5 hr) y Arequipa (2 hr), se encuentran dentro del rango establecido en la norma ASTM D 6926(04), situación que indica que el periodo de tiempo establecido en dicha norma (mínimo 1hr y máximo 2 hr) se adapta a las características de absorción de los agregados de nuestro medio, incluso para los agregados altamente absorbentes.
- Al efectuar la comparación de costos de producción por metro cúbico de las mezclas asfálticas curadas y sin curar, se observó un incremento de S/. 6.87 y S/. 19.21 en las mezclas asfálticas curadas con agregados de Cusco y Arequipa respectivamente. Dicho incremento económico queda justificado debido que al conocerse la cantidad precisa de asfalto absorbido, permite determinar las propiedades volumétricas correctas de la mezcla, y por ende, un diseño real de mezcla para pavimentos en zonas de altura que contribuye directamente su durabilidad.
- Debido a la variabilidad de distancias entre la planta de asfalto y la zona del proyecto, se demuestra la necesidad de curar las mezclas asfálticas, aún cuando dichas distancias sean cortas, pues debido a que la

absorción asfáltica no se completa, la mezcla podría resultar sobre asfáltica durante la colocación y compactación, ocasionando la exudación del pavimento, los cuales resultan peligrosos para el tráfico en tiempos húmedos, pues se toman resbaladizos. Y en el caso de distancias largas, trae consigo la reducción del grosor de la película de recubrimiento de los agregados, quedando afectado directamente por los rayos ultravioletas (pavimentos en zonas de altura), y por lo tanto un pavimento menos durable.

Por lo tanto, se demuestra que el tiempo en que la mezcla asfáltica es curada está relacionado directamente a la distancia entre la planta de asfalto y la zona del proyecto.

- Los valores del ensayo RICE (gravedad específica teórica máxima de la mezcla suelta G_{mm}), resultan diferentes cuando se toma la muestra y se deja enfriar inmediatamente que, cuando se completa la absorción de asfalto en los agregados. Sin embargo, cuando la mezcla asfáltica es curada al horno más de dos horas, reporta propiedades volumétricas erráticas, situación que se pudo apreciar en la evaluación con los agregados de Arequipa.

- En consecuencia, los agregados altamente absorbentes no deberían ser descartados para la fabricación de mezclas asfálticas sin previo análisis, pues someter la mezcla a un determinado tiempo de curado permite hallar propiedades volumétricas exactas, obteniendo un diseño de mezcla que garantice estándares de performance adecuados. Asimismo en base al referido análisis se establece si presenta una alternativa más económica en relación al cambio de cantera.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- Dado que el contenido de asfalto efectivo en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos en zonas de altura resulta un parámetro importante, y si bien el cemento asfáltico PEN 120-150 aporta un buen comportamiento de la mezcla, se debería analizar la viabilidad de emplear asfaltos modificados de modo de asegurar la incidencia de los rayos ultravioletas sobre el espesor de recubrimiento de los agregados.

- Existen equipos de última generación para predecir el comportamiento de las mezclas asfálticas diseñadas, tal como el Analizador de Pavimentos Asfálticos (APA), lo que permitiría verificar su durabilidad, especialmente para pavimentos en zonas de altura, debido a que el ligante estará expuesto a elevadas variaciones de temperatura, y así garantizar plenamente el correcto funcionamiento de dichos pavimentos. Por lo que sería conveniente acceder a los mencionados equipos, sin embargo, representan costos muy altos y por ahora no se tiene la facilidad de contar con ellos en nuestro país.

- Realizar una revisión y actualización de las Especificaciones Técnicas EG-2000 vigentes para las mezclas asfálticas en caliente, específicamente en el rango de valores de Estabilidad/Flujo para zonas de bajas temperaturas, pues se tiene un rango muy limitado.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

TESIS

1. Autor : Guerra Torres, Rodolfo
Título : Estudio de los Agregados Pétreos para el Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente
Año : 1997
2. Autor : Meléndez Palma, José Hermógenes
Título : Influencia de la Temperatura en el Deterioro de Carpetas Asfálticas en Zonas de Altura
Año : 2000
3. Autor : Nikaido Fukuyama, Nohely Magali
Título : Estudio y Análisis de Mezclas Asfálticas en Caliente (MAC) en el Tramo vial I : Yura-Patahuasi/Arequipa, con Agregados Volcánicos
Año : 2003

EXPEDIENTES TÉCNICOS

1. Actualización del Estudio Definitivo de Ingeniería para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera: Ollantaytambo-Quillabamba-Kiteni, Tramo Abra Málaga-Alfamayo, Km. 42+000 – Km 84+400
2. Estudio de Factibilidad e Ingeniería Definitiva de la Carretera Yura-Patahuasi-Santa Lucía, Tramo I Yura-Patahuasi, Km. 0+000 – Km 53+336

MANUALES Y NORMAS

1. Manual de Laboratorio de Ensayos para Pavimentos
Autores: Silene Minaya, Abel Ordoñez. Lab. N° 2 Mecánica de Suelos y Pavimentos, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería
2. Norma ASTM D 6926(04) "Preparation of Bituminous Specimens using Marshall Apparatus"
Norma ASTM D 6927(04) "Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures"
Autor: Annual Book of ASTM Standards 2005

BOLETINES TÉCNICOS

1. Autores : Paul Garnicia, Mayra Flores, Horacio Delgado, José Gómez
Título : Caracterización Geomecánica de Mezclas Asfálticas
Año : 2005
2. Autor : PETROPERU
Título : Diseño de Mezclas de Concreto Asfáltico Densamente Graduadas
Año : 1964

PONENCIAS

1. "Aportes para la Elaboración de Especificaciones Técnicas de Mezclas Asfálticas para Pavimentos en Zonas de Altura" Tercer Congreso Nacional del Asfalto
Autor: Pablo del Águila Rodríguez
Año: 1999
2. "Comentarios sobre la Relación Estabilidad/Flujo de las Mezclas Asfálticas en Caliente" Quinto Congreso Nacional del Asfalto
Autor: Héctor García López
Año: 2000

LIBROS

1. Autor : Engineering Research Institute Iowa State University
Título : Absorptive Aggregates in Asphalt Paving Mixtures
Año : 1971
2. Autor : Asphalt Institute
Título : Asphalt Technology and Construction Practices
Año : 1983
3. Autor : Ángeles del Val, Miguel / Kramer Carlos
Título : Firmes y Pavimentos
Año : 1993

Anexos

Anexos 01

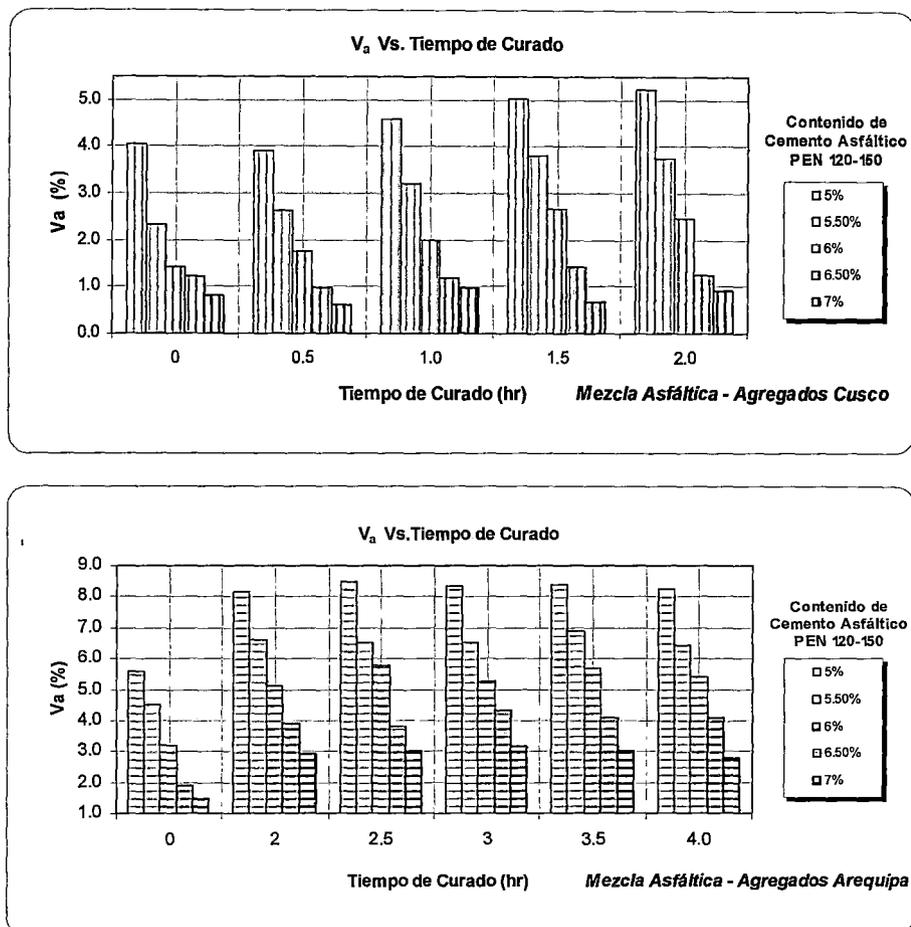
Efecto del Contenido de Asfalto en las propiedades de la Mezcla Asfáltica Curada

Anexos 01

Efecto del Contenido de Asfalto en las Propiedades de la Mezcla Asfáltica Curada

Para conocer el comportamiento de la mezcla asfáltica, es importante evaluar sus propiedades volumétricas, y el cambio que sufren a medida que se adiciona cemento asfáltico y se incrementan los tiempos de curado. Las propiedades volumétricas que determinan el comportamiento de la mezcla son los vacíos de aire, vacíos de agregado mineral, y vacíos llenos de asfalto.

FIGURA A1.1
VACÍOS DE AIRE (V_a)

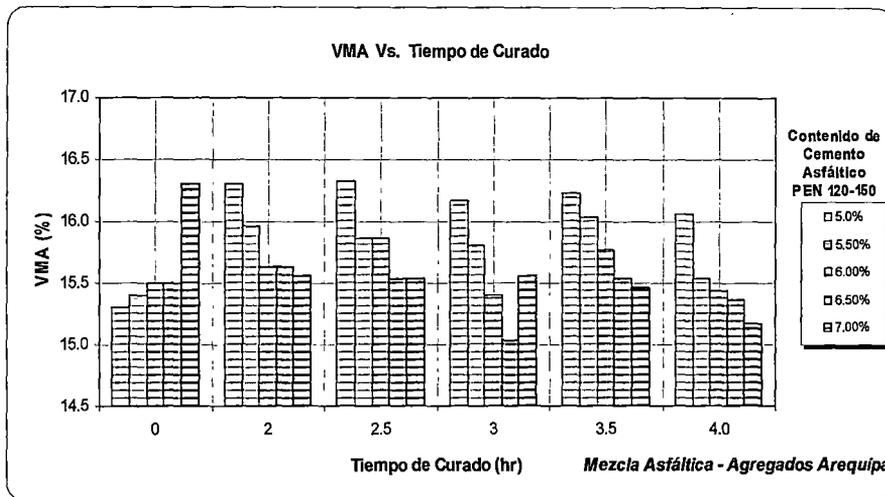
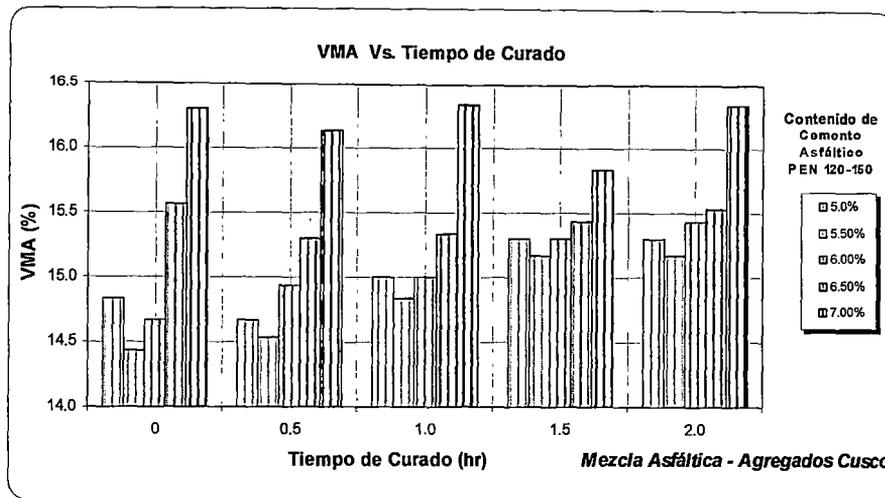


A medida que se incrementan los contenidos de cemento asfáltico los vacíos de aire disminuyen; tal como se observa en las graficas. Sin embargo a medida que se incrementan los tiempos en que la mezcla asfáltica es curada, los agregados siguen absorbiendo asfalto hasta un tiempo determinado (que depende de la

naturaleza absorbente de los agregados) razón por la cual los V_a ; para cada contenido de asfalto; aumentan.

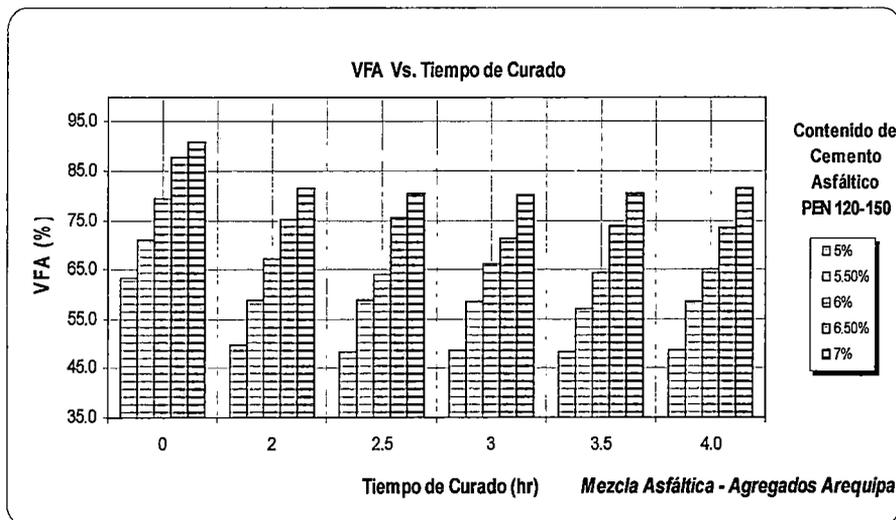
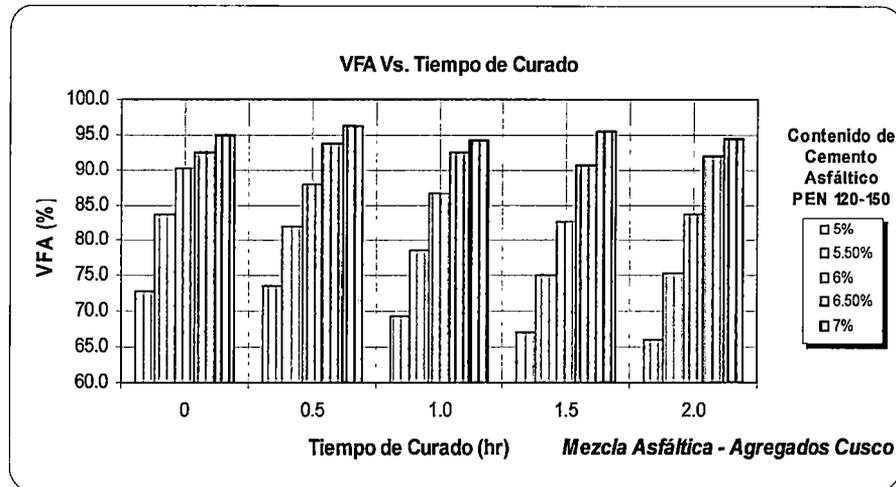
Cuando se deje de producir dicho incremento de V_a , se puede afirmar que la absorción asfáltica queda completada para la correspondiente cantidad de asfalto.

FIGURA A1.2
VACÍOS DE AGREGADO MINERAL (VMA)



Debido al análisis anterior, si los vacíos de aire aumentan; cuando se incrementan los tiempos de curado de la mezcla asfáltica; los VMA deben aumentar mientras se añade cantidades de cemento asfáltico. Se observa de las graficas que esto es cierto, para ciertas cantidades de asfalto y tiempo de curado determinado de la mezcla asfáltica. Cuando la absorción asfáltica se completa es cuando se obtienen tendencias no definidas de VMA.

FIGURA A1.3
VACÍOS LLENADOS DE ASFALTO



Los incrementos de cemento asfáltico a la mezcla, se refleja en aumentos de VFA, sin embargo, a medida que se incrementan los tiempos de curado los valores de VFA disminuyen; respecto a los contenidos de asfalto; indicando que la absorción asfáltica está ocurriendo. Cuando los valores de VFA presentan un comportamiento distinto al mencionado, quiere decir que la absorción asfáltica está completada.

Anexos 02

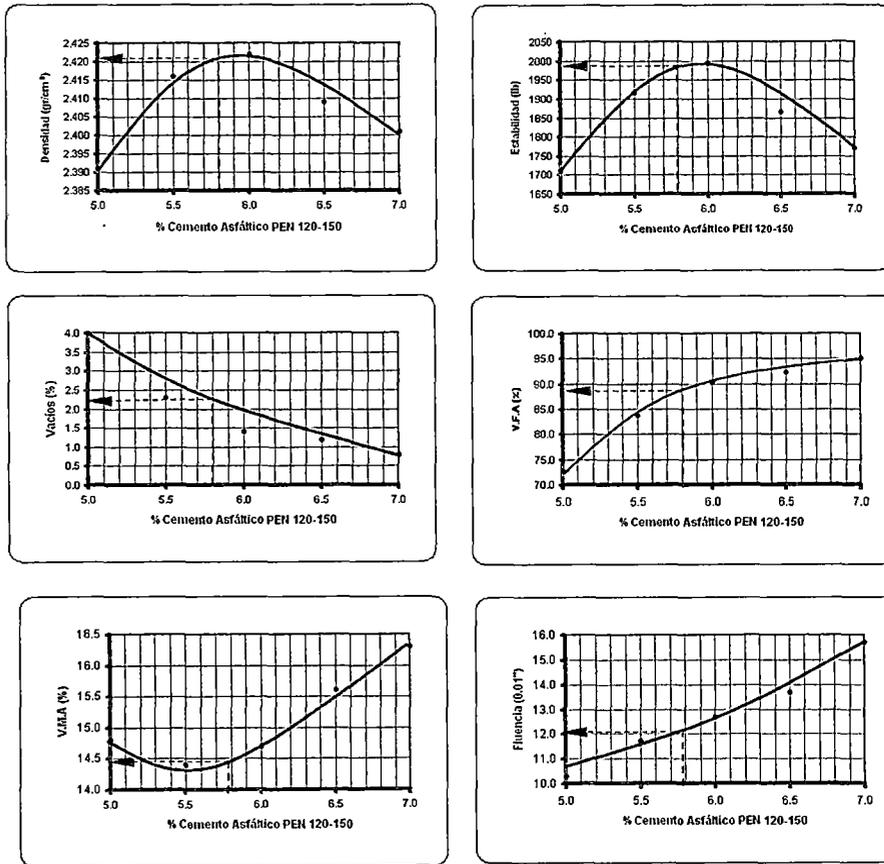
Curvas Marshall y Parámetros de Mezclas Asfálticas

Anexos 02.01

Curvas y Parámetros de Mezclas Asfálticas con Agregados de Cusco

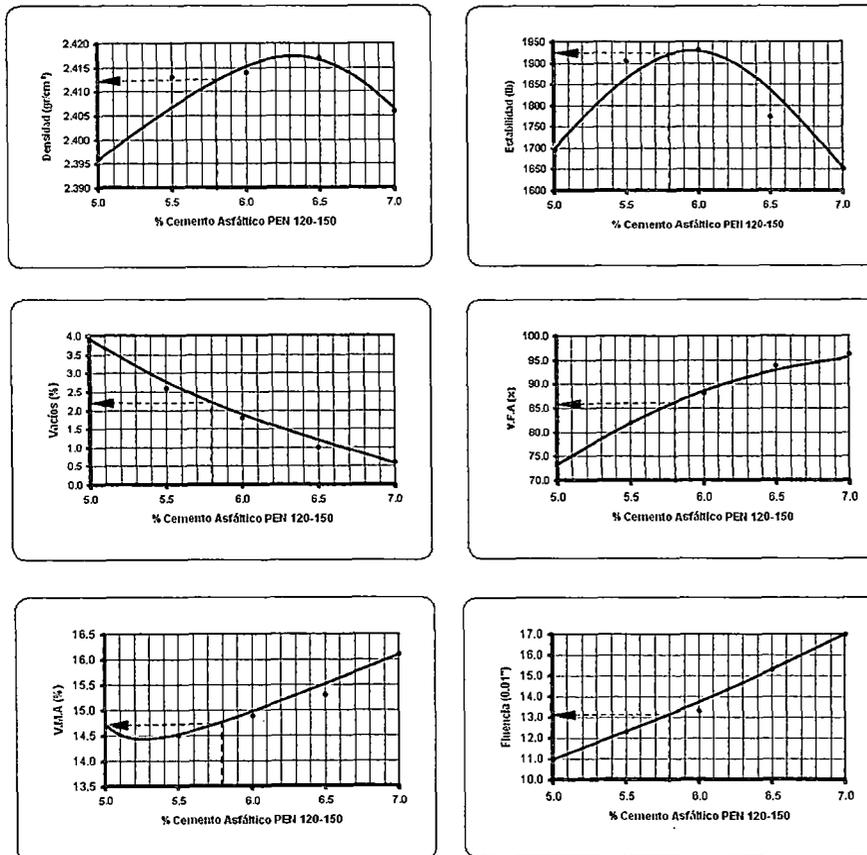
Figura A2.1

Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Cusco, Tc = 0 hr



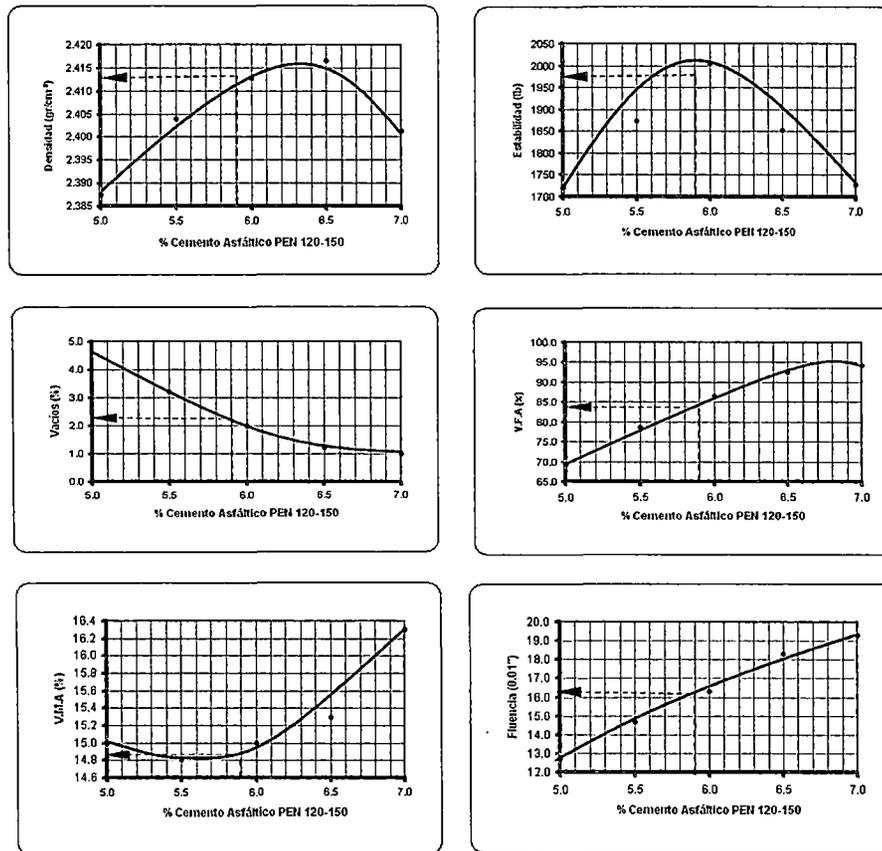
Tiempo de Curado de Mezcla Asfáltica : 0 horas		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	5.8 %	Especificación Técnica EG 2000-MTC
Densidad Gmb (gr/cm ³)	2.421	---
Vacíos (%)	2.2	2 - 4
V.F.A (%)	84	---
V.M.A (%)	14.8	Mín. 14
Estabilidad (Kg)	903 Kg (1990 lb)	Mín. 815
Flujo (10 ⁻² pulg)	12.1	8 - 14
Absorción de asfalto (%)	0.5	---
Relación Estabilidad Flujo (Kg/cm)	2940	1700 - 3000
N° de golpes por cara	75	
Temperatura de Mezcla, °C	140	
Materiales		
10 %	Piedra chancada 3/4", Cantera Canchayoc, Cusco	
30 %	Piedra chancada 1/2", Cantera Canchayoc, Cusco	
59 %	Arena Combinada, Canteras Canchayoc-Yanahuara, Cusco	
01 %	Cal Hidratada, Calera Los Andes, Lima	
Cemento Asfáltico PEN 120-150, Refinería Conchán-PETROPERU		

Figura A2.2
Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Cusco, Tc = 0.5 hr



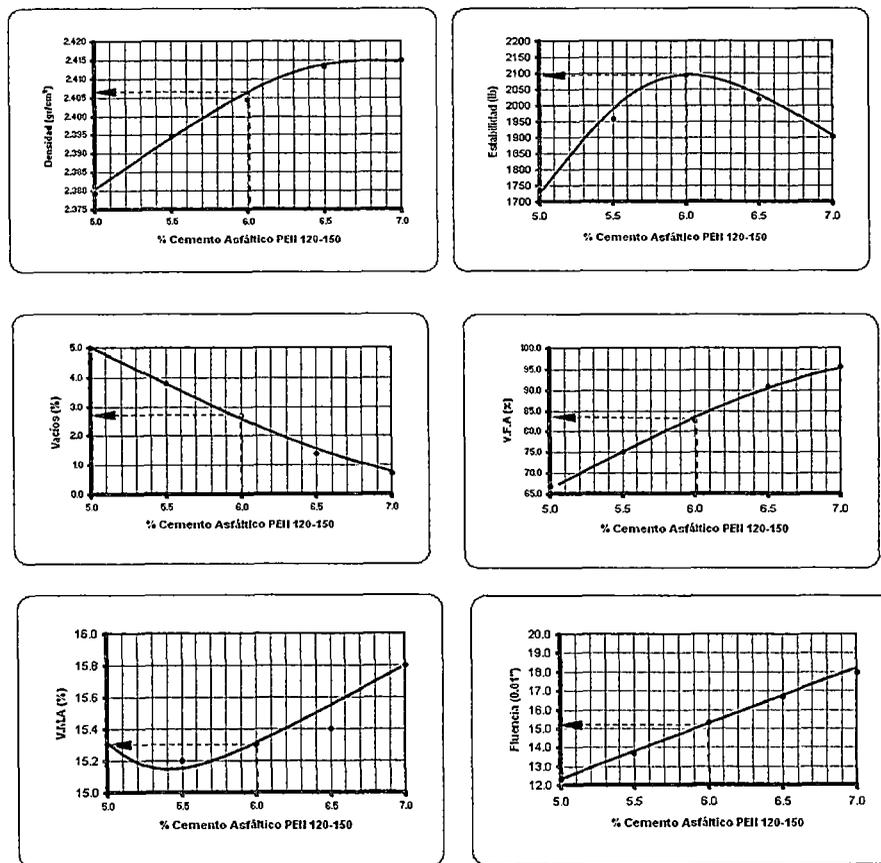
Tiempo de Curado de Mezcla Asfáltica : 0.5 horas		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	5.8 %	Especificación Técnica EG 2000-MTC
Densidad Gmb (gr/cm ³)	2.412	---
Vacíos (%)	2.2	2 - 4
V.F.A (%)	86	---
V.M.A (%)	14.6	Mín. 14
Estabilidad (Kg)	876 Kg (1930 lb)	Mín. 815
Flujo (10 ⁻² pulg)	13.1	8 - 14
Absorción de asfalto (%)	0.5	---
Relación Estabilidad Flujo (Kg/cm)	2633	1700 - 3000
Nº de golpes por cara	75	
Temperatura de Mezcla, °C	140	
Materiales		
10 %	Piedra chancada 3/4", Cantera Canchayoc, Cusco	
30 %	Piedra chancada 1/2", Cantera Canchayoc, Cusco	
59 %	Arena Combinada, Canteras Canchayoc-Yanahuara, Cusco	
01 %	Cal Hidratada, Calera Los Andes, Lima	
Cemento Asfáltico PEN 120-150, Refinería Conchán-PETROPERU		

Figura A2.3
Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Cusco, Tc = 1.0 hr



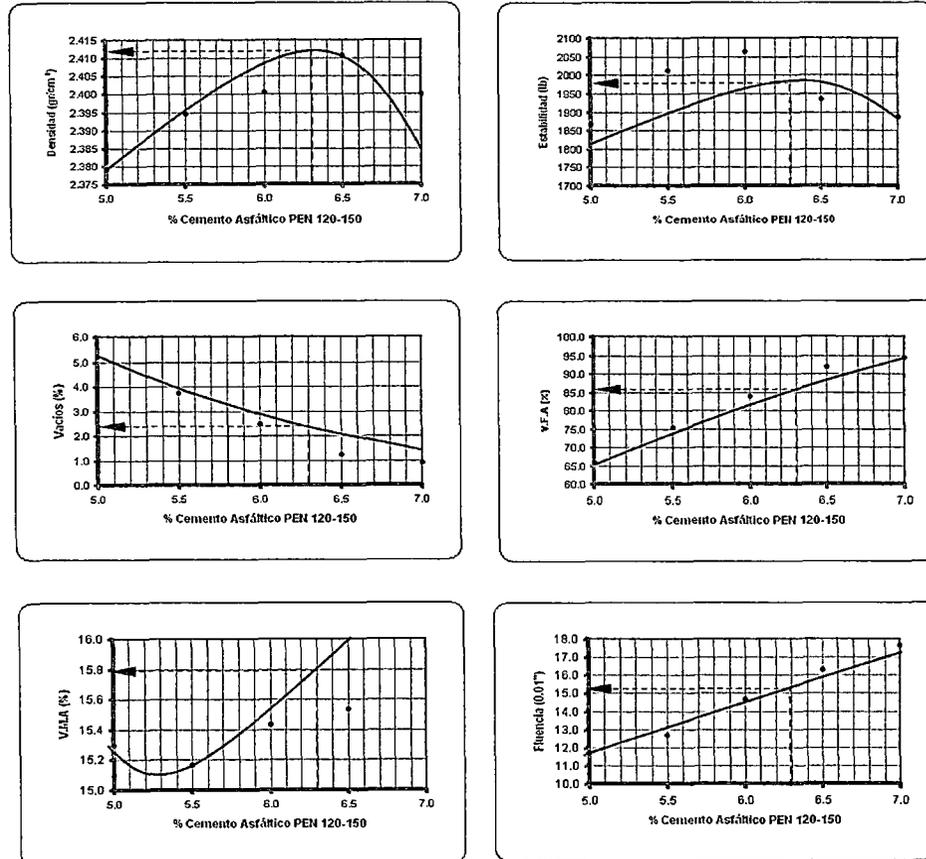
Tiempo de Curado de Mezcla Asfáltica : 1.0 horas		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	5.9 %	Especificación Técnica EG 2000-MTC
Densidad Gmb (gr/cm ³)	2.412	---
Vacios (%)	2.2	2 - 4
V.F.A (%)	84	---
V.M.A (%)	14.9	Mín. 14
Estabilidad (Kg)	894 Kg (1970 lb)	Mín. 815
Flujo (10 ⁻² pulg)	16.1	8 - 14
Absorción de asfalto (%)	0.6	---
Relación Estabilidad Flujo (Kg/cm)	2187	1700 - 3000
N° de golpes por cara		75
Temperatura de Mezcla, °C		140
Materiales		
10 %	Piedra chancada 3/4", Cantera Canchayoc, Cusco	
30 %	Piedra chancada 1/2", Cantera Canchayoc, Cusco	
59 %	Arena Combinada, Canteras Canchayoc-Yanahuara, Cusco	
01 %	Cal Hidratada, Calera Los Andes, Lima	
Cemento Asfáltico PEN 120-150, Refinería Conchán-PETROPERU		

Figura A2.4
Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Cusco, Tc = 1.5 hr



Tiempo de Curado de Mezcla Asfáltica : 1.5 horas		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	6.0 %	Especificación Técnica EG 2000-MTC
Densidad Gmb (gr/cm ³)	2.406	---
Vacíos (%)	2.9	2 - 4
V.F.A (%)	84	---
V.M.A (%)	15.3	Mín. 14
Estabilidad (Kg)	951 Kg (2095 lb)	Mín. 815
Flujo (10 ⁻² pulg)	15.1	8 - 14
Absorción de asfalto (%)	0.7	---
Relación Estabilidad Flujo (Kg/cm)	2480	1700 - 3000
Nº de golpes por cara	75	
Temperatura de Mezcla, °C	140	
Materiales		
10 %	Piedra chancada 3/4", Cantera Canchayoc, Cusco	
30 %	Piedra chancada 1/2", Cantera Canchayoc, Cusco	
59 %	Arena Combinada, Canteras Canchayoc-Yanahuara, Cusco	
01 %	Cal Hidratada, Calera Los Andes, Lima	
Cemento Asfáltico PEN 120-150, Refinería Conchán-PETROPERU		

Figura A2.5
Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Cusco, Tc = 2.0 hr



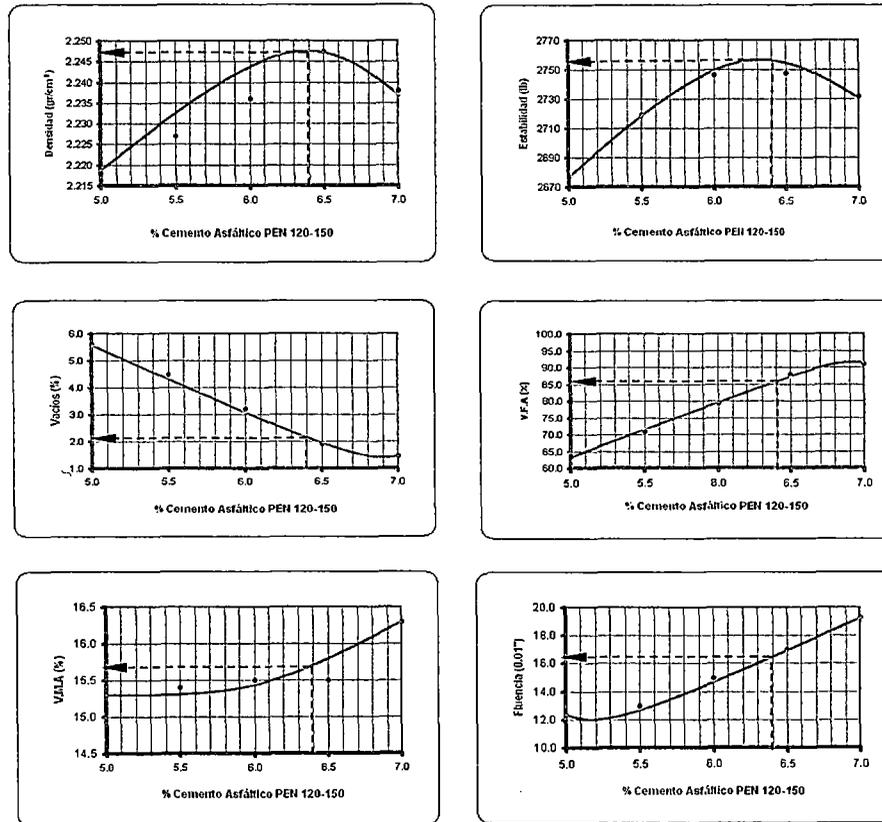
Tiempo de Curado de Mezcla Asfáltica : 2.0 horas		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	6.3 %	Especificación Técnica EG 2000-MTC
Densidad Gmb (gr/cm ³)	2.412	---
Vacios (%)	2.3	2 - 4
V.F.A (%)	85.1	---
V.M.A (%)	15.8	Mín. 14
Estabilidad (Kg)	894 Kg (1970 lb)	Mín. 815
Flujo (10 ⁻² pulg)	15.1	8 - 14
Absorción de asfalto (%)	0.5	---
Relación Estabilidad Flujo (Kg/cm)	2332	1700 - 3000
N° de golpes por cara	75	
Temperatura de Mezcla, °C	140	
Materiales		
10 %	Piedra chancada 3/4", Cantera Canchayoc, Cusco	
30 %	Piedra chancada 1/2", Cantera Canchayoc, Cusco	
59 %	Arena Combinada, Canteras Canchayoc-Yanahuara, Cusco	
01 %	Cal Hidratada, Calera Los Andes, Lima	
Cemento Asfáltico PEN 120-150, Refinería Conchán-PETROPERU		

Anexos 02.02

Curvas y Parámetros de Mezclas Asfálticas con Agregados de Arequipa

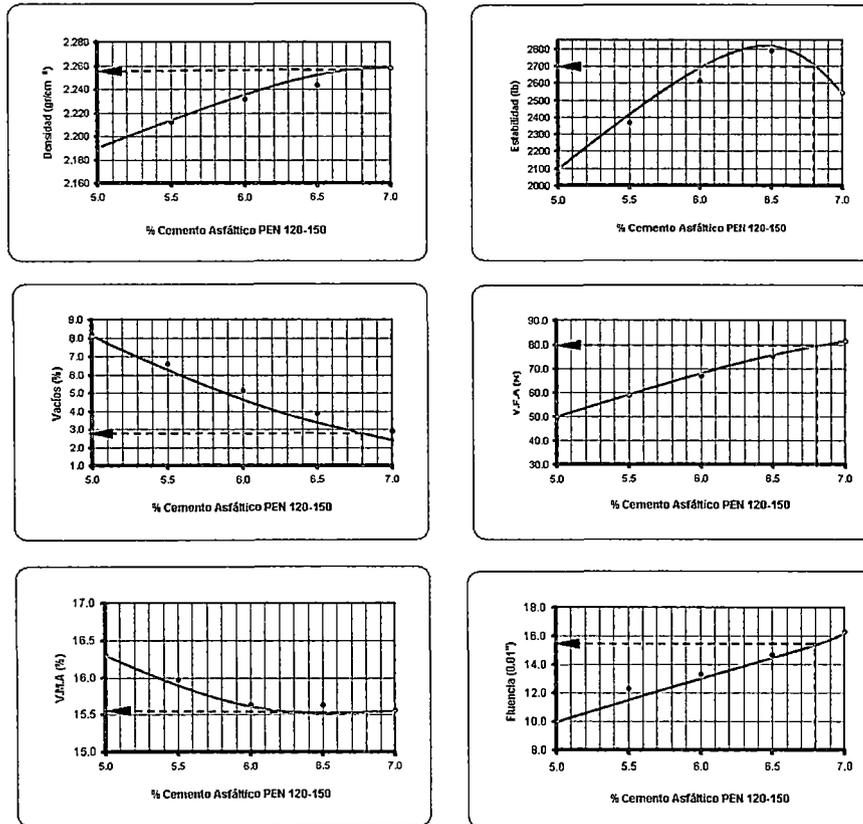
Figura A2.6

Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, Tc = 0 hr



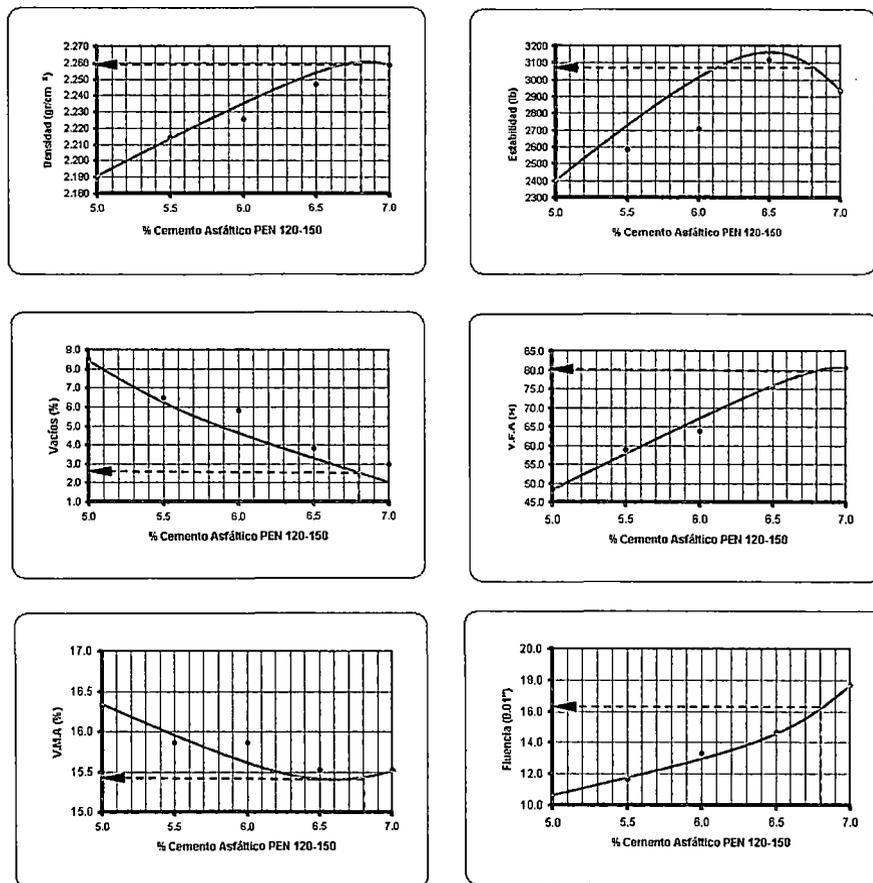
Tiempo de Curado de Mezcla Asfáltica : 0 horas		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	6.4 %	Especificación Técnica EG 2000-MTC
Densidad Gmb (gr/cm ³)	2.247	---
Vacíos (%)	2.1	2 - 4
V.F.A (%)	86	---
V.M.A (%)	15.7	Mín. 14
Estabilidad (Kg)	1252 Kg (2758 lb)	Mín. 815
Flujo (10 ⁻² pulg)	16.5	8 - 14
Absorción de asfalto (%)	0.4	---
Relación Estabilidad Flujo (Kg/cm)	2988	1700 - 3000
N° de golpes por cara		75
Temperatura de Mezcla, °C		140
Materiales		
35 %	Piedra chancada 3/4", Cantera Salas, Arequipa	
10%	Piedra chancada 1/2", Cantera Salas, Arequipa	
55 %	Arena, Cantera Salas, Arequipa	
Cemento Asfáltico PEN 120-150, Refinería Conchán-PETROPERU 0.5 % Aditivo Radicote tipo amina (porcentaje en peso del cemento asfáltico)		

Figura A2.7
Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, Tc = 2.0 hr



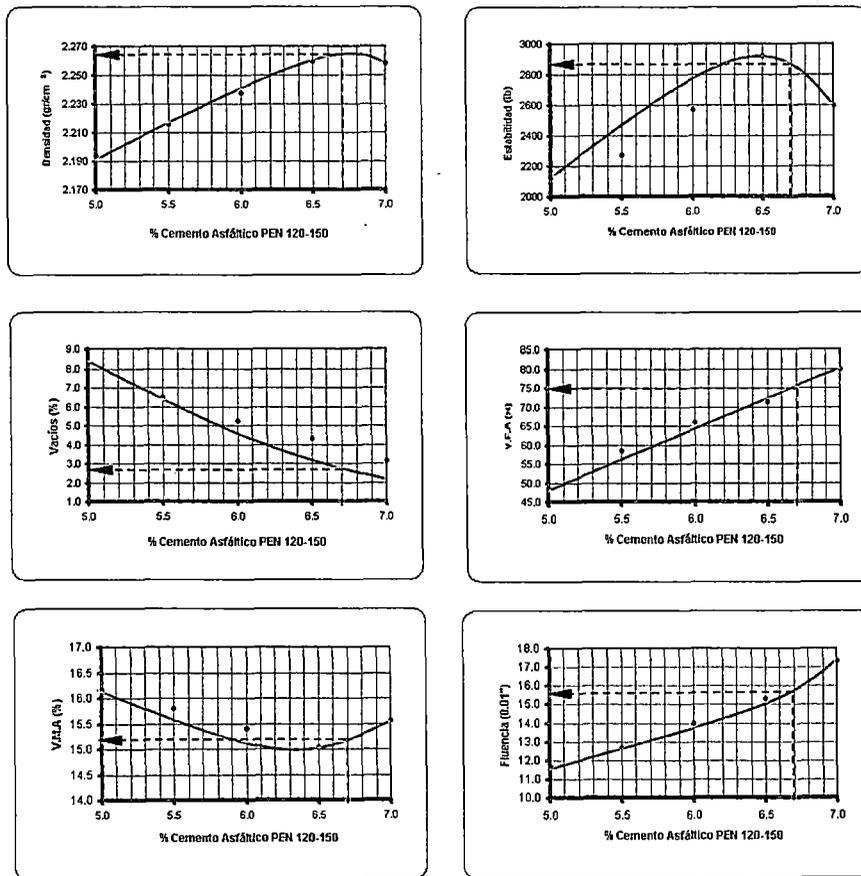
Tiempo de Curado de Mezcla Asfáltica : 2.0 horas		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	6.8 %	Especificación Técnica EG 2000-MTC
Densidad Gmb (gr/cm ³)	2.259	---
Vacíos (%)	2.9	2 - 4
V.F.A (%)	80	---
V.M.A (%)	15.6	Mín. 14
Estabilidad (Kg)	1226 Kg (2700 lb)	Mín. 815
Flujo (10 ⁻² pulg)	15.8	8 - 14
Absorción de asfalto (%)	1.3	---
Relación Estabilidad Flujo (Kg/cm)	3054	1700 - 3000
N° de golpes por cara	75	
Temperatura de Mezcla, °C	140	
Materiales		
35 %	Piedra chancada 3/4", Cantera Salas, Arequipa	
10%	Piedra chancada 1/2", Cantera Salas, Arequipa	
55 %	Arena, Cantera Salas, Arequipa	
Cemento Asfáltico PEN 120-150, Refinería Conchán-PETROPERU 0.5 % Aditivo Radicote tipo amina (porcentaje en peso del cemento asfáltico)		

Figura A2.8
Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, Tc = 2.5 hr



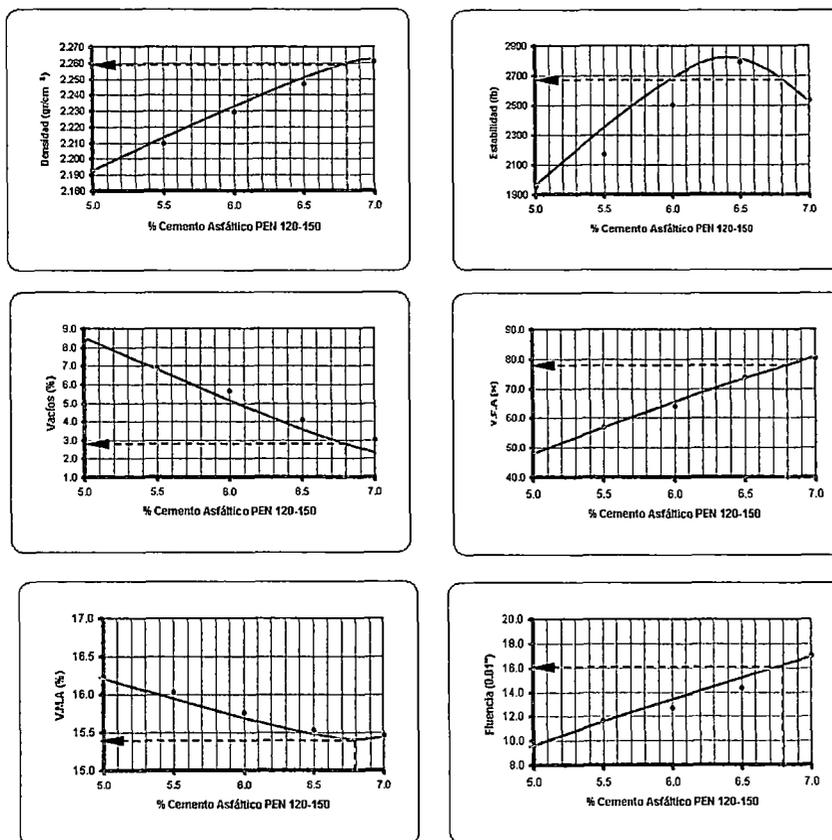
Tiempo de Curado de Mezcla Asfáltica : 2.5 horas		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	6.8 %	Especificación Técnica EG 2000-MTC
Densidad Gmb (gr/cm ³)	2.257	---
Vacios (%)	2.8	2 - 4
V.F.A. (%)	80	---
V.M.A. (%)	15.4	Mín. 14
Estabilidad (Kg)	1406 Kg (3098 lb)	Mín. 815
Flujo (10 ⁻² pulg)	16.2	8 - 14
Absorción de asfalto (%)	1.3	---
Relación Estabilidad Flujo (Kg/cm)	3418	1700 - 3000
N° de golpes por cara	75	
Temperatura de Mezcla, °C	140	
Materiales		
35 %	Piedra chancada 3/4", Cantera Salas, Arequipa	
10%	Piedra chancada 1/2", Cantera Salas, Arequipa	
55 %	Arena, Cantera Salas, Arequipa	
Cemento Asfáltico PEN 120-150, Refinería Conchán-PETROPERU 0.5 % Aditivo Radicote tipo amina (porcentaje en peso del cemento asfáltico)		

Figura A2.9
Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, Tc = 3.0 hr



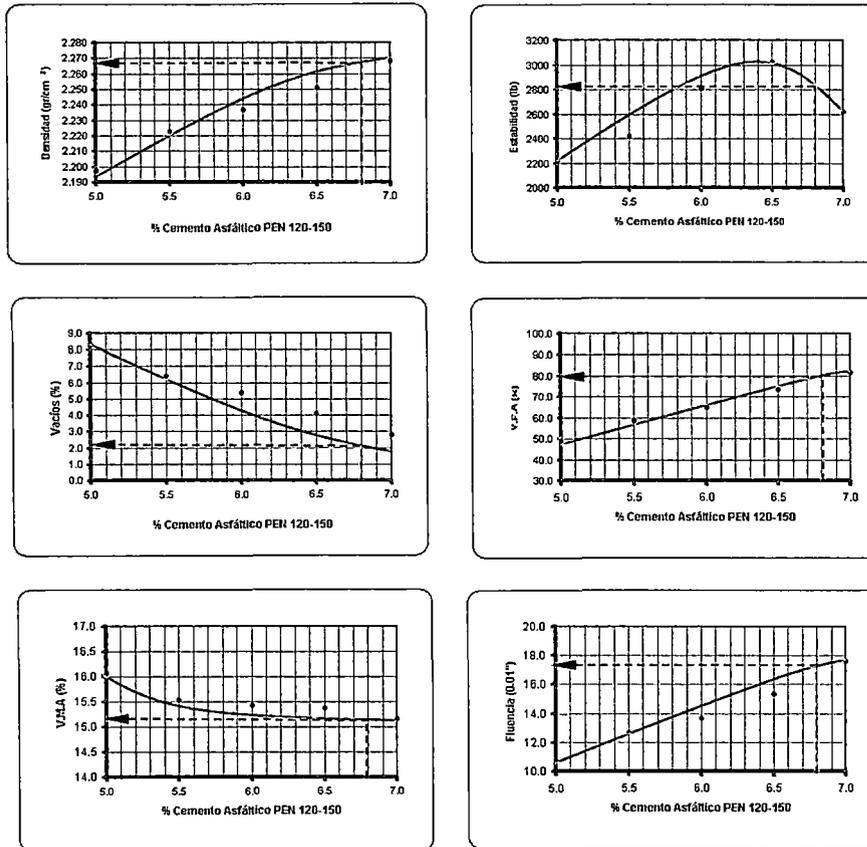
Tiempo de Curado de Mezcla Asfáltica : 3.0 horas		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	6.7 %	Especificación Técnica EG 2000-MTC
Densidad Gmb (gr/cm ³)	2.268	---
Vacios (%)	2.9	2 - 4
V.F.A. (%)	75	---
V.M.A. (%)	15.2	Mín. 14
Estabilidad (Kg)	1307 Kg (2880 lb)	Mín. 815
Flujo (10 ⁻² pulg)	15.6	8 - 14
Absorción de asfalto (%)	1.3	---
Relación Estabilidad Flujo (Kg/cm)	3300	1700 - 3000
N° de golpes por cara	75	
Temperatura de Mezcla, °C	140	
Materiales		
35 %	Piedra chancada 3/4", Cantera Salas, Arequipa	
10%	Piedra chancada 1/2", Cantera Salas, Arequipa	
55 %	Arena, Cantera Salas, Arequipa	
Cemento Asfáltico PEN 120-150, Refinería Conchán-PETROPERU 0.5 % Aditivo Radicote tipo amina (porcentaje en peso del cemento asfáltico)		

Figura A2.10
Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, Tc = 3.5 hr



Tiempo de Curado de Mezcla Asfáltica : 3.5 horas		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	6.8 %	Especificación Técnica EG 2000-MTC
Densidad Gmb (gr/cm ³)	2.260	---
Vacíos (%)	2.9	2 - 4
V.F.A (%)	79	---
V.M.A (%)	15.4	Mín. 14
Estabilidad (Kg)	1221 Kg (2690 lb)	Mín. 815
Flujo (10 ⁻² pulg)	16	8 - 14
Absorción de asfalto (%)	1.4	---
Relación Estabilidad Flujo (Kg/cm)	3005	1700 - 3000
N° de golpes por cara		75
Temperatura de Mezcla, °C		140
Materiales		
35 %	Piedra chancada 3/4", Cantera Salas, Arequipa	
10%	Piedra chancada 1/2", Cantera Salas, Arequipa	
55 %	Arena, Cantera Salas, Arequipa	
Cemento Asfáltico PEN 120-150, Refinería Conchán-PETROPERU 0.5 % Aditivo Radicote tipo amina (porcentaje en peso del cemento asfáltico)		

Figura A2.11
Curvas y Parámetros de Mezcla Asfáltica-Arequipa, Tc = 4.0 hr



Tiempo de Curado de Mezcla Asfáltica : 3.5 horas		
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico	6.8 %	Especificación Técnica EG 2000-MTC
Densidad Gmb (gr/cm ³)	2.268	---
Vacios (%)	2.1	2 - 4
V.F.A. (%)	80	---
V.M.A. (%)	15.2	Mín. 14
Estabilidad (Kg)	1276 Kg (2810 lb)	Mín. 815
Flujo (10 ⁻² pulg)	17.5	8 - 14
Absorción de asfalto (%)	1.5	---
Relación Estabilidad Flujo (Kg/cm)	2870	1700 - 3000
N° de golpes por cara		75
Temperatura de Mezcla, °C		140
Materiales		
35 %	Piedra chancada 3/4", Cantera Salas, Arequipa	
10%	Piedra chancada 1/2", Cantera Salas, Arequipa	
55 %	Arena, Cantera Salas, Arequipa	
Cemento Asfáltico PEN 120-150, Refinería Conchán-PETROPERU 0.5 % Aditivo Radicote tipo amina (porcentaje en peso del cemento asfáltico)		

Anexos 03

Ensayos de Calidad de Agregados

Anexos 03.01

Ensayos de Calidad de Agregados, Cusco

**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7 - 2007- MTC/14.01

SOLICITANTE	:	BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	:	Agregado grueso
DOMICILIO LEGAL	:	Asociación de Vivienda Miguel Grau, Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	:	El que se indica
PROYECTO	:	Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	:	228 y 215 kg
REFERENCIA	:	REC. N° 061 - 2007 - FPL-501-G	PRESENTACIÓN	:	Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	:	09.07.2007	FECHA ENSAYO	:	11 al 26.07.2007

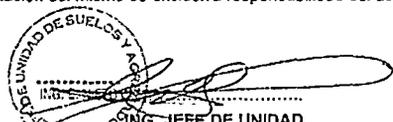
MALLAS		DENOMINACIÓN	PIEDRA CHANCADA 1/2" CANTERA CANCHAYOCC		PIEDRA CHANCADA 3/8" CANTERA CANCHAYOCC				
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET.(%)	PASA (%)	RET.(%)	PASA (%)			
3"	76,200	NTP 400.012(01)							
2 1/2"	63,500								
2"	50,800								
1 1/2"	38,100								
1"	25,400								
3/4"	19,050				100				
1/2"	12,700			30	70		100		
3/8"	9,525			49	21	60	40		
1/4"	6,350			19	2	27	13		
N° 4	4,760			2	-	10	3		
N° 6	3,360					2	1		
N° 8	2,380					1	-		
N° 10	2,000								
N° 16	1,190								
N° 20	0,840								
N° 30	0,590								
N° 40	0,426								
N° 50	0,297								
N° 80	0,177								
N° 100	0,149								
N° 200	0,074								
- N° 200	-	NTP 400.018(02)							
HUMEDAD TOTAL DE AGREGADOS (%)		ASTM C - 566(04)	0,31		--				
DURABILIDAD (SO4Mg) %		NTP 400.016(99)	0,04		--				
ABRASIÓN (%)		NTP 400.019(02)	13		--				
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)		NTP 400.017(99)	1 370		--				
PESO UNITARIO VARILLADO (kg/m3)		NTP 400.017(99)	1 491		--				
PESO ESP.BULK (BASE SECA) g/cm3		NTP 400.021(02)	2,710		2,727				
PESO ESP.BULK (BASE SATURADA) g/cm3		NTP 400.021(02)	2,733		2,752				
PESO ESP.APARENTE(BASE SECA) g/cm3		NTP 400.021(02)	2,774		2,797				
ABSORCIÓN (%)		NTP 400.021(02)	0,9		0,9				
PART. CHATAS Y ALARGADAS (%)		NTP 400.040(99)	10		--				
CARAS DE FRACTURA - 1 ó más (%)		ASTM D- 5821(01)	100		--				
CARAS DE FRACTURA - 2 ó más (%)		ASTM D- 5821(01)	100		--				

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Ordenes de servicio N° 117 y 118 - 2007-MTC/14.01
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002-98/INDECOPI- CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

USA (1/15)
enf/rmp-gmg-bedic
O.S. N° 157




 ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 31 de julio del 2 007

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATE
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	:	BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	:	Agregado
DOMICILIO LEGAL	:	Asociación de Vivienda Miguel Grau, Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	:	La que se indica
PROYECTO	:	Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	:	400 kg aprox.
REFERENCIA	:	REC. N° 061 - 2007 - FPL-501-G	PRESENTACIÓN	:	Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	:	09.07.2007	FECHA ENSAYO	:	11 al 25.07.2007

MALLAS		DESCRIPCIÓN	ARENA COMBINADA CANTERA CANCHAYOCC - YANAHUARA				
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)		NORMA ENSAYO	RET.(%)			
2"	50,800	NTP 400.012 (01)					
1 1/2"	38,100						
1"	25,400						
3/4"	19,050						
1/2"	12,700						
3/8"	9,525				100		
1/4"	6,350			2	98		
N° 4	4,760			3	95		
N° 6	3,360			6	89		
N° 8	2,380			8	81		
N° 10	2,000			4	77		
N° 16	1,190			15	62		
N° 20	0,840			8	54		
N° 30	0,590			8	46		
N° 40	0,426			10	36		
N° 50	0,297			10	26		
N° 80	0,177			10	16		
N° 100	0,149			2	14		
N° 200	0,074			5	9		
- N° 200	-		NTP 400.018(02)	9	-		
LÍMITE LÍQUIDO (%)		NTP 339.129(99)	19				
INDICE PLÁSTICO (%)		NTP 339.129(99)	N.P.				
LÍMITE LÍQUIDO (%)		NTP 339.129(99)	17				
INDICE PLÁSTICO (%)		NTP 339.129(99)	N.P.				
LÍMITE LÍQUIDO (%) por tamiz N° 200		NTP 339.129(99)	24				
INDICE PLÁSTICO (%) por tamiz N° 200		NTP 339.129(99)	N.P.				
LÍMITE LÍQUIDO (%) por tamiz N° 200		NTP 339.129(99)	30				
INDICE PLÁSTICO (%) por tamiz N° 200		NTP 339.129(99)	N.P.				
EQUIVALENTE ARENA (%)		NTP 339.146(00)	41				
TERRONES DE ARCILLA (%)		NTP 400.015(02)	0,4				
DURABILIDAD (SO4Mg) %		NTP 400.016 (99)	3,77				
PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m3)		NTP 400.017 (99)	1 655				
PESO UNITARIO VARILLADO (Kg/m3)		NTP 400.017 (99)	1 759				
P.ESP. BULK (BASE SECA) g/cm³		NTP 400.022(02)	2,641				
P.ESP. BULK (BASE SATURADA) g/cm³		NTP 400.022(02)	2,689				
P.ESP. APARENTE (BASE SECA) g/cm³		NTP 400.022(02)	2,774				
ABSORCIÓN (%)		NTP 400.022(02)	1,8				
IMPUREZAS ORGÁNICAS		NTP 400.024 (99)	Grado 2 - ACEPTABLE				
HUMEDAD SUPERFICIAL EN AGREGADO (%)		ASTM C-70(01)	1,1				

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Ordenes de servicio N° 117 y 118 - 2007-MTC/14.01
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002-98/INDECOPI- CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

USA (2/15)
 enl / mp - gmg- bedic
 O.S. N° 157



003

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE :	BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA :	Agregados
DOMICILIO LEGAL :	Asociación de Vivienda Miguel Grau, Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN :	El que se indica
PROYECTO :	Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD :	215 a 400 kg
REFERENCIA :	REC. N° 061 - 2007 - FPL-501-G	PRESENTACIÓN :	Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN :	09.07.2007	FECHA ENSAYO :	26.07.2007

MALLAS		DENOMINACIÓN	MEZCLA DE PIEDRA CHANCADA 1/2" (10%); PIEDRA CHANCADA 3/8" (30%); ARENA COMBINADA (59%) Y CAL (1%)					
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET.(%)	PASA (%)				
3"	76,200	NTP 400.012(01)		100				
2 1/2"	63,500							
2"	50,800							
1 1/2"	38,100							
1"	25,400							
3/4"	19,050							
1/2"	12,700			3	97			
3/8"	9,525			23	74			
1/4"	6,350			11	63			
N° 4	4,760			5	58			
N° 6	3,360			4	54			
N° 8	2,380			5	49			
N° 10	2,000			2	47			
N° 16	1,190			9	38			
N° 20	0,840			5	33			
N° 30	0,590			5	28			
N° 40	0,426			6	22			
N° 50	0,297			6	16			
N° 80	0,177			6	10			
N° 100	0,149			1	9			
N° 200	0,074		3	6				
- N° 200	-	NTP 400,018(02)	6	-				

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Ordenes de servicio N° 117 y 118 - 2007-MTC/14.01
- Mezcla teórica de agregados: Piedra chancada 1/2", Piedra chancada 3/8"(Cantera Canchayoc), Arena combinada (Cantera Canchayoc - Yanahuara) y Cal hidratada (1%).
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002-98/INDECOPI- CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




 ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 31 de julio del 2007

USA (3/15)
 enl / eva
 O.S. N° 157

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau, Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 400 kg
REFERENCIA	: REC. N° 061 - 2007 - FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 16 al 17.07.2007

NTP 400.024(1 999) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR CUALITATIVAMENTE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO PARA CONCRETO (*)

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (Número Placa Orgánica del 1 al 5)**	INTERPRETACIÓN DE RESULTADO (Presencia cualitativa de impurezas orgánicas)
Arena combinada , Cantera Canchayocc - Yanahuara	Grado 2	Aceptable

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Ordenes de servicio N° 117 y 118 - 2007-MTC/14.01
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- (*) 1999 - 04- 21 (2ª Edición). Referencia a "Standard test method for organic impurities in fine aggregates for concrete (ASTM C - 40; 1999).
- (**) Determinado con empleo de Colorímetro Gardner.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002-98/INDECOPI- CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 31 de julio del 2007



USA (4/15)
 enf./ rmp -gmg
 O.S.N° 157

**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

005

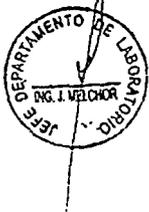
INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE : BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS MUESTRA : Cal hidratada
: AGURTO
DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Miguel Grau, Mz. "L" IDENTIFICACIÓN : S/I
Lote 5 - S.M.P.
PROYECTO : Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes" **CANTIDAD** : 07 kg aprox.
REFERENCIA : REC. N° 061 - 2007 - FPL-501-G **PRESENTACIÓN** : Bolsa plástica
FECHA DE RECEPCIÓN : 09.07.2007 **FECHA DE ENSAYO** : 19 al 20.07.2007

ENSAYOS	NORMA	RESULTADOS
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE CAL HIDRATADA (g/cm ³)	ASTM C-110(2000), Sección 21(*)	2,273
FINEZA DE CAL (% Retenido)	AASHTO T - 219(1995)**	
malla N° 6		0,00
malla N° 10		0,09
malla N° 30		2,35
malla N° 200		10,80

Observaciones :

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- (*) Referencia "Standard Test Methods for Physical Testing of Quicklime, Hydrated Lime and Limestone".
- (**) Referencia "Testing Lime for Chemical Constituents and Particle Sizes".
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002-98/INDECOPI- CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 31 de julio del 2007

USA (5/15)
enf/ rmp
O.S. N° 157

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7- 2007 - MTC/14.01

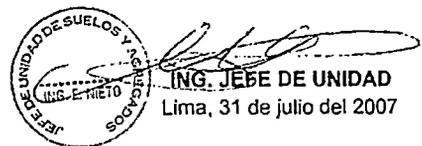
SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 228 kg
REFERENCIA	: REC.N° 061 - 2007 -FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 12 al 13.07.2007

NTP 400.021(2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (gr/cc)
Piedra chancada 1/2" Cantera Canchayocc (Réplica 1)	Peso específico bulk (base seca)	2,700
	Peso específico bulk (base saturada)	2,728
	Peso específico aparente (base seca)	2,777
	Absorción (%)	1,0

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Orden de servicio N° 117- 2007 - MTC/14.01
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a ASTM C -127 -93 "Aggregates. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate".
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



USA (6/15)
enf./ gza
O.S.N° 157



DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

007

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7- 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE : BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO
DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.
PROYECTO : Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"
REFERENCIA : REC.N° 061 - 2007 -FPL-501-G
FECHA DE RECEPCIÓN : 09.07.2007

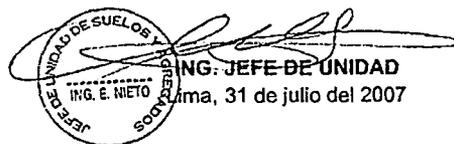
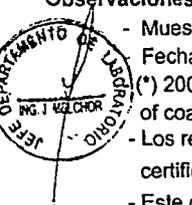
MUESTRA : Agregados
IDENTIFICACIÓN : La que se indica
CANTIDAD : 228 kg
PRESENTACIÓN : Sacos
FECHA DE ENSAYO : 12 al 13.07.2007

NTP 400.021(2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (gr/cc)
Piedra chancada 1/2" Cantera Canchayocc (Réplica 2)	Peso específico bulk (base seca)	2,719
	Peso específico bulk (base saturada)	2,737
	Peso específico aparente (base seca)	2,770
	Absorción (%)	0,7

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Orden de servicio N° 117- 2007 - MTC/14.01
Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
(*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a ASTM C -127 -93 "Aggregates. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate".
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



USA (7/15)
enf./ gza
O.S.N° 157

008

**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7- 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 215 kg
REFERENCIA	: REC.N° 061 - 2007 -FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 12 al 13.07.2007

NTP 400.021(2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (gr/cc)
Piedra chancada 3/8" Cantera Canchayocc (Réplica 1)	Peso específico bulk (base seca)	2,722
	Peso específico bulk (base saturada)	2,747
	Peso específico aparente (base seca)	2,791
	Absorción (%)	0,9

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Orden de servicio N° 117- 2007 - MTC/14.01
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a ASTM C -127 -93 "Aggregates. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate".
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




ING. E. NIETO, JEFE DE UNIDAD
 Lima, 31 de julio del 2007

USA (8/15)
enf./ gza
O.S.N° 157

009

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7- 2007 - MTC/14.01

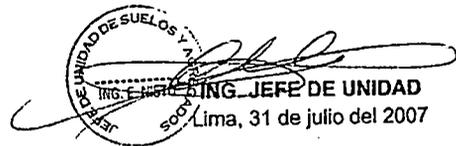
SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 215 kg
REFERENCIA	: REC.N° 061 - 2007 -FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 12 al 13.07.2007

NTP 400.021(2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (gr/cc)
Piedra chancada 3/8" Cantera Canchayocc (Réplica 2)	Peso específico bulk (base seca)	2,731
	Peso específico bulk (base saturada)	2,757
	Peso específico aparente (base seca)	2,803
	Absorción (%)	0,9

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Orden de servicio N° 117- 2007 - MTC/14.01
Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a ASTM C -127 -93 "Aggregates. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate".
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



USA (9/15)
enf./ gza
O.S.N° 157



010

**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7- 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 400 kg
REFERENCIA	: REC.N° 061 - 2007 -FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 12 al 13.07.2007

NTP 400.022(2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (gr/cc)
Arena combinada Cantera Canchayoc - Yanahuara (Réplica 1)	Peso específico bulk (base seca)	2,649
	Peso específico bulk (base saturada)	2,698
	Peso específico aparente (base seca)	2,784
	Absorción (%)	1,8

Observaciones:

Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Orden de servicio N° 117- 2007 - MTC/14.01

Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007

2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a ASTM C -128 -97 "Aggregates. Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate".

- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




 ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 31 de julio del 2007

011

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO Nº 1 6 7- 2007 - MTC/14.01

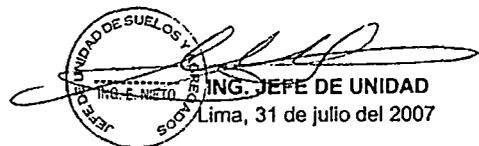
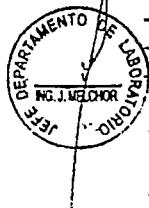
SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 400 kg
REFERENCIA	: REC. Nº 061 - 2007 -FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 12 al 13.07.2007

NTP 400.022(2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (gr/cc)
Arena combinada Cantera Canchayocc - Yanahuara (Réplica 2)	Peso específico bulk (base seca)	2,634
	Peso específico bulk (base saturada)	2,681
	Peso específico aparente (base seca)	2,763
	Absorción (%)	1,8

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Orden de servicio Nº 117- 2007 - MTC/14.01
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a ASTM C -128 -97 "Aggregates. Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate".
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución Nº 002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



USA (11/15)
 enf./ gza
 O.S. Nº 157

012

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7- 2007 - MTC/14.01

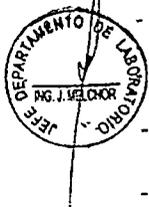
SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 400 kg
REFERENCIA	: REC.N° 061 - 2007 -FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 12 al 13.07.2007

NTP 400.022(2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (gr/cc)
Arena combinada Cantera Canchayocc - Yanahuara (Réplica 3)	Peso específico bulk (base seca)	2,645
	Peso específico bulk (base saturada)	2,693
	Peso específico aparente (base seca)	2,779
	Absorción (%)	1,8

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Orden de servicio N° 117- 2007 - MTC/14.01
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a ASTM C -128 -97 "Aggregates. Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate".
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




ING. JEFE DE UNIDAD
 Ing. E. Nieto, 31 de julio del 2007

USA (12/15)
 enf./ gza
 O.S.N° 157

013

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7- 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 400 kg
REFERENCIA	: REC.N° 061 - 2007 -FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 12 al 13.07.2007

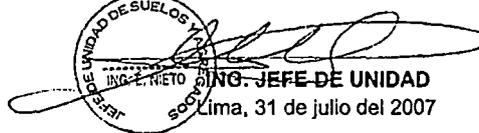
NTP 400.022(2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (gr/cc)
Arena combinada Cantera Canchayocc - Yanahuara (Réplica 4)	Peso específico bulk (base seca)	2,635
	Peso específico bulk (base saturada)	2,683
	Peso específico aparente (base seca)	2,769
	Absorción (%)	1,8

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de la Orden de servicio N° 117- 2007 - MTC/14.01
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a ASTM C -128 -97 "Aggregates. Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate".
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 31 de julio del 2007

USA (13/15)
enf./ gza
O.S.N° 157

014

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau, Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 228 kg
REFERENCIA	: REC.N° 061 - 2007 -FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 11 al 12.07.2007

ASTM C- 566 (2004) MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE TOTAL

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Piedra chancada 1/2" , Cantera Canchayocc (réplica 1)	0,31
Piedra chancada 1/2" , Cantera Canchayocc (réplica 2)	0,32
Piedra chancada 1/2" , Cantera Canchayocc (réplica 3)	0,31

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, de las Ordenes de servicio N° 117 y 118 - 2007-MTC/14.01
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- Ensayo efectuado con 1,8 kg a 2,9 kg de muestra.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




 ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 31 de julio del 2007

USA (14/15)
 enf./ rmp-bedlc
 O.S.N° 157

015

**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
 SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Cal hidratada
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau, Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: S/I
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 07 kg aprox.
REFERENCIA	: REC. N° 061 - 2007 - FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Bolsa plástica
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 31.07.2007

NTP 339.129 (1999) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Ensayo	Resultado (%)
Límite líquido (material pasante malla N° 40)	52,0
Límite plástico (material pasante malla N° 40)	49,0
Índice de plasticidad (material pasante malla N° 40)	3,0

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007
- Muestra secada al aire.
- Ensayo (Límite Líquido) se ha efectuado con el procedimiento "multipunto".
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002-98/INDECOPI- CRT del 07.01.98)
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




ING. JEFE DE UNIDAD
 Ing. E. NIETO
 Lima, 31 de julio del 2007

USA (15/15)
 enf./ bedlc
 O.S.N° 157

**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7 - 2007 - MTC/14.01

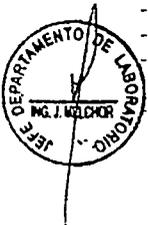
SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote "5" - S.M.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis: Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con Empleo de Agregados Altamente Absorbentes	CANTIDAD	: 78 kg aprox.
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501G	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 12 al 13.07.2007

MTC E - 219 (2 000) SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Identificación	Resultado (mg/kg)
Cantera Canchayocc; piedra chancada de ½"	74
Cantera Canchayocc y Yanahuara; arena combinada	318

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante
- Fecha de orden de ensayo 10.07.2007
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98). Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



JEFE DE UNIDAD

Lima, 20 de Julio del 2007

UAQ (1/2)
ama/hrc
O.S.N° 157

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 1 6 7 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. JUANITA ELIZABETH LLANOS AGURTO	MUESTRA	: Cal hidratada
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote "5" - S.M.	IDENTIFICACIÓN	: S/I
PROYECTO	: Tesis: Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con Empleo de Agregados Altamente Absorbentes	CANTIDAD	: 07 kg aprox.
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501G	PRESENTACIÓN	: Bolsa
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: 19.07.2007

AASHTO T-219 (2004)* DETERMINACIÓN QUÍMICA DE LOS COMPONENTES DE LA CAL Y TAMAÑO DE PARTÍCULAS

Identificación	Resultado
1- Contenido de cal activa porcentaje en peso de Ca(OH)_2 más CaO	86,6
2- Contenido de cal no hidratada porcentaje en peso de CaO	3,6
3- Contenido de agua libre porcentaje en peso de H_2O	0,0

Observaciones:

- (*) Referencia: Testing Lime for Chemical Constituents and Particle Sizes
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante
- Fecha de orden de ensayo 10.07.2007

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).

- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva del usuario.



JEFE DE UNIDAD

Lima, 20 de Julio del 2007

UAQ (2/2)
ama
O.S.N° 157

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados y Pen 120/150
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 250 kg. y 14 gls.
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos y envase de metal.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: Del 18.07.07 al 19.07.07

AASHTO T - 182 (02)* COATING AND STRIPPING OF BITUMEN - AGGREGATE MIXTURE

DESCRIPCIÓN	REVESTIMIENTO (%)	DESPRENDIMIENTO (% Retenido)
Cantera "CANCHAYOCC" Piedra Chancada de 1/2"	100	+ 95
Cantera "CANCHAYOCC" Piedra Chancada de 3/8"	100	+ 95

Tipo de asfalto : Cemento asfáltico Pen 120/150 (Refinería Conchán - Petroperú)

Observaciones:

- (*) Publicado en Standard Specifications for Transportation Materials and Sampling and Testing 2005. (Parte 2A tests).
- Muestras de agregados y cemento asfáltico Pen 120-150, proporcionado e identificado por el solicitante.
 - Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.
 - Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
 - Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




 — **ING. JEFE DE UNIDAD**
 Lima, 20 de Julio del 2007

UMA (1/35)
cfc/lca.
O.S. N°157

019

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 400 kg. y 14 gls.
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos y envase de metal
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: Del 18.07.07 al 19.07.07

MTC E 220 (2000)* ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ÁRIDOS FINOS (PROCEDIMIENTO RIEDEL WEBER)

DESCRIPCIÓN	RESULTADO (GRADO)	
	Repetición N° 01	Repetición N° 02
Cantera: "CANCHAYOCC - YANAHUARA" Arena Combinada	0 - 8	0 - 8

Tipo de asfalto : Cemento asfáltico Pen 120/150 (Refinería Conchán - Petroperú)

Observaciones:

- (*) Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2da edición aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001.
- Muestra de agregado y cemento asfáltico Pen 120/150, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo : 10/07/2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING° JEFE DE UNIDAD
Lima, 20 de Julio del 2007



UMA (2/35)
cfc/ica.
O.S. N° 157

Anexos 03.02

Ensayos de Calidad de Agregados, Arequipa

OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
 SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

INFORME DE ENSAYO N° 191 - 2006 - MTC/14.01

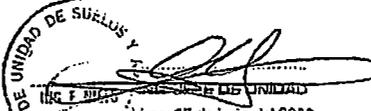
SOLICITANTE : Ing. José Melchor Areche - Jefe Departamento de Laboratorio MUESTRA : Agregados
 DOMICILIO LEGAL : Av. Túpac Amaru N° 1560 - Rimac IDENTIFICACION : El que se Indica
 PROYECTO : Estudio para la caracterización de mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes CANTIDAD : 163 y 148 kg aprox.
 REFERENCIA : Memo. N° 038 - 2005-MTC/14.01.SDMSEM.DL.jma PRESENTACION : Sacos
 FECHA DE RECEPCIÓN : 14.06.2006 FECHA ENSAYO : 16 al 25.06.2006

MALLAS		DENOMINACIÓN	PIEDRA 3/4" CANTERA "Km 39 + 600" lado izquierdo CARRETERA YURA - PATAHUASI		PIEDRA 3/8" CANTERA "Km 39 + 600" lado izquierdo CARRETERA YURA - PATAHUASI				
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)		RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)	PASA (%)			
3"	76,200	NTP 400.012 (01)							
2 1/2"	63,500								
2"	50,800								
1 1/2"	38,100								
1"	25,400								
3/4"	19,050			100		100			
1/2"	12,700			44	56	1	99		
3/8"	9,525			24	32	37	62		
1/4"	6,350			25	7	42	20		
N° 4	4,760			7	-	7	13		
N° 6	3,360					4	9		
N° 8	2,380					2	7		
N° 10	2,000					1	6		
N° 16	1,190					1	5		
N° 20	0,840					1	4		
N° 30	0,590					-	4		
N° 40	0,426					-	4		
N° 50	0,297					-	4		
N° 80	0,177					1	3		
N° 100	0,149					-	3		
N° 200	0,074				1	2			
- N° 200	-	NTP 400.018(02)			2	-			
DURABILIDAD (SCM ₂) %		NTP 400.018 (09)	6,4		5,2				
ABRASIÓN (%)		NTP 400.019 (02)	32		26				
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)		NTP 400.017(99)	1.302		1.390				
PESO UNITARIO VARILLADO (kg/m ³)		NTP 400.017(99)	1.377		1.478				
P.ESP. BULK (BASE SECA) g/cm ³		NTP 400.021(02)	2,357		2,367				
P.ESP. BULK (BASE SATURADA) g/cm ³		NTP 400.021(02)	2,443		2,451				
P.ESP. APARENTE (BASE SECA) g/cm ³		NTP 400.021(02)	2,577		2,586				
ABSORCIÓN (%)		NTP 400.021(02)	3,6		3,6				
PART. CHATAS Y ALARGADAS (%)		NTP 400.040(99)	8		4				
CARAS DE FRACTURA - 1 ó más (%)		ASTM D 5821(95)	90		98				
CARAS DE FRACTURA - 2 ó más (%)		ASTM D 5821(95)	91		98				

Observaciones:

- (*) Material proporcionado e identificado por el solicitante.
 - Fecha de orden de ensayo: 15.06.2006.
 - La interpretación de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo las recomendaciones adjuntas.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/ANDESCOPLCRT del 07.01.98).


 LISA (1111)
 enl/bodc-gza
 O.S. N° 162


 JEFE DE UNIDAD DE SUELOS Y ...
 Lima, 27 de junio del 2006



**OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

REPORTE INTERNO

INFORME DE ENSAYO N° 1 9 1 - 2006-MTC/14.91

SOLICITANTE :	Ing. José Melchor Areche - Jefe Departamento de Laboratorio	MUESTRA :	Agregado fino
DOMICILIO LEGAL :	Av. Tupac Andru N° 1590 - Rimac	IDENTIFICACIÓN :	La que se indica
PROYECTO :	Estudio para la caracterización de mezclas estables con agregados altamente absorbentes	CANTIDAD :	342 kg aprox.
REFERENCIA :	Mémo. N° 036-2003-MTC/14.01.SDMSEH.DL.Jma	PRESENTACIÓN :	Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN :	14.09.2006	FECHA ENSAYO :	16 al 20.09.2006

MALLAS		DESCRIPCIÓN	ARENA CANTERA "km 39 + 600" lado izquierdo CARRETERA YURA - PATAHUASI					
SERE AMERICANA	ABERTURA (mm)		NORMA ENSAYO	RET.(%)	PASA(%)			
3"	76,200	NTP 400.012 (01)						
2 1/2"	63,500							
2"	50,800							
1 1/2"	38,100							
1"	25,400							
3/4"	19,050							
1/2"	12,700							
3/8"	9,525				100			
1/4"	6,350			10	90			
N° 4	4,760			11	79			
N° 6	3,360			10	69			
N° 8	2,380			9	60			
N° 10	2,000			4	56			
N° 16	1,190			10	46			
N° 20	0,840			5	41			
N° 30	0,590			4	37			
N° 40	0,426			4	33			
N° 50	0,297			4	29			
N° 60	0,177			6	23			
N° 100	0,149			2	21			
N° 200	0,074		7	14				
- N° 200	-	NTP 400.018(02)	14	-				
LÍMITE LÍQUIDO (%)		NTP 339.129(99)	18,0					
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		NTP 339.129(99)	N.P.					
LÍMITE LÍQUIDO (%) mat. < malla N° 200		NTP 339.129(99)	23,0					
ÍNDICE PLÁSTICO (%) mat. < malla N° 200		NTP 339.129(99)	N.P.					
EQUIVALENTE ARENA (%)		NTP 339.146 (00)	59					
DURABILIDAD (SO4/Mg) %		NTP 400.016(00)	9,7					
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)		NTP 400.017(99)	1.600					
PESO UNITARIO VARILLADO (kg/m3)		NTP 400.017(99)	1.764					
P.ESP. BULK (BASE SECA) g/cm³		NTP 400.022 (02)	2,800					
P.ESP. BULK (BASE SATURADA) g/cm³		NTP 400.022 (02)	2,633					
P.ESP. APARENTE (BASE SECA) g/cm³		NTP 400.022 (02)	2,090					
ABSORCIÓN (%)		NTP 400.022 (02)	1,3					
IMPUREZAS ORGÁNICAS		NTP 400.024 (99)	ACEPTABLE					

Observaciones:

- Material proporcionado e identificado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 15.09.2006
- La interpretación de los resultados es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo las recomendaciones adjuntas.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0062-2004-INDECOPI/LC/RT del 07.01.08).



USA (2/11)
9nf / rmp -bedc-gza
O.S. N° 162

REPORTE INTERNO

OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 1 0 1 - 2006 - MTC/14.01
(VALOR OFICIAL, SEGÚN RESOLUCIÓN N° 0013-2005-/CRT - INDECOPI)

SOLICITANTE	: Ing. José Melchor Areche - Jefe Departamento de Laboratorio	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Túpac Amaru N° 1590 - Rímac	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Estudio para la caracterización de mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes.	CANTIDAD	: 342 kg aprox.
REFERENCIA	: Memo. N° 038 -2006-MTC/14.01.SDMSEM.DL.jma.	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14.06.2006	FECHA DE ENSAYO	: 19 al 20.06.2006

NTP 400.018(2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN POR EL TAMIZ NORMALIZADO 75 μ m (N° 200) POR LAVADO EN AGREGADOS (PROCEDIMIENTO A)*

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Piedra 3/8", Cantera "km 39 + 500", lado izquierdo, Carretera Yura - Patahuasi.	2,4
Arena, Cantera "39 + 500" lado izquierdo, Carretera Yura - Patahuasi	14

Observaciones:

- Material proporcionado e identificado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 15.06.2006
- (*) 2002 - 05 -16 (2° Edición) Referencia a AGGREGATES. Standard test method for determine materials finer than 75 μ m (N° 200) sieve in aggregates by washing (ASTM C -117).
- La interpretación de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo las recomendaciones adjuntas.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Registro de acreditación de INDECOPI N° LE-032.



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 27 de junio del 2006

USA (3/11)
enf./rmp
O.S. N° 162

REPORTE INTERNO

**OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 191 - 2006 - MTC/14.01

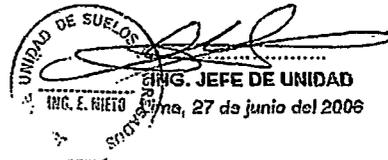
SOLICITANTE	: Ing. José Melchor Arecha - Jefe Departamento de Laboratorio	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Túpac Amaru N° 1590 - Rimac	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Estudio para la caracterización de mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes	CANTIDAD	: 163 kg aprox.
REFERENCIA	: Memo. N° 038 -2006-MTC/14.01.SDMSEM.DLjma	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14.06.2006	FECHA DE ENSAYO	: 16 al 19.06.2006

NTP 400.021(2002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO(*)

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Piedra 3/4" Cantera km 39 + 500 , lado izquierdo , Carretera Yura Patahuasi	Peso específico bulk (base seca)	2,351
	Peso específico bulk (base saturada)	2,439
	Peso específico aparente (base seca)	2,578
	Absorción (%)	3,7

Observaciones:

- Material proporcionado e identificado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 15.06.2006
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a "AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate" (ASTM C-127).
- Los pesos específicos y absorción se determinaron sin el primer secado del agregado.
- La interpretación de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del solicitante.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98)



USA (4/11)
enf./ bedk-gza
O.S.N° 162

**OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO Nº 194 - 2006 - MTC/14.01

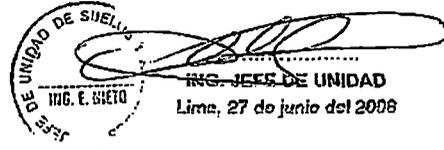
SOLICITANTE	: Ing. José Melchor Areco - Jefe Departamento de Laboratorio	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Túpac Amaru Nº 1590 - Rimac	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Estudio para la caracterización de mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes	CANTIDAD	: 163 kg aprox.
REFERENCIA	: Memo. Nº 038 -2006-MTC/14.01.SDMSEM.DL.jma	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14.06.2006	FECHA DE ENSAYO	: 16 al 19.06.2006

NTP 400.021(2002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO(*)

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Piedra 3/4" Cantera km 39 + 500 , lado izquierdo , Carretera Yura Patahuasi	Peso específico bulk (base seca)	2,372
	Peso específico bulk (base saturada)	2,451
	Peso específico aparente (base seca)	2,576
	Absorción (%)	3,3

Observaciones:

- Material proporcionado e identificado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 15.06.2006
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a "AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate" (ASTM C-127).
- Los pesos específicos y absorción se determinaron sin el primer secado del agregado.
- La interpretación de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del solicitante.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución Nº 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98)



USA (5/11)
enf./ bedic-gza
O.S. Nº 162

REPORTE INTERNO

**OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 191 - 2006 - MTC/14.01

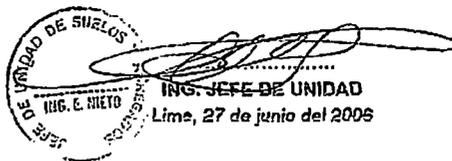
SOLICITANTE : Ing. José Meliohor Aroche - Jefe Departamento de Laboratorio **MUESTRA** : Agregados
DOMICILIO LEGAL : Av. Túpac Amaru N° 1590 - Rimac **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica
PROYECTO : Estudio para la caracterización de mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes **CANTIDAD** : 163 kg aprox.
REFERENCIA : Memo. N° 038 -2006-MTC/14.01.SDMSEM.DL.jma **PRESENTACIÓN** : Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN : 14.06.2006 **FECHA DE ENSAYO** : 16 al 19.06.2006

NTP 400.021(2002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO(*)

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Piedra 3/4" Cantera km 39 + 500 , lado izquierdo , Carretera Yura Palahuasi	Peso específico bulk (base seca)	2,348
	Peso específico bulk (base saturada)	2,436
	Peso específico aparente (base seca)	2,576
	Absorción (%)	3,6

Observaciones:

- Material proporcionado e identificado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 15.06.2006
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a "AGGREGATES, Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate" (ASTM C-127).
- Los pesos específicos y absorción se determinaron sin el primer secado del agregado.
- La interpretación de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del solicitante.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98)



USA (6/11)
enf./bedic-gza
O.S. N° 162

REPORTE INTERNO

**OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 191-2006-MTC/14.01

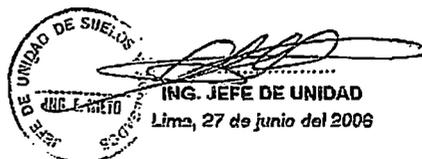
SOLICITANTE	: Ing. José Melchior Areche - Jefe Departamento de Laboratorio	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Túpac Amaru N° 1590 - Rimac	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Estudio para la caracterización de mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes	CANTIDAD	: 148 kg aprox.
REFERENCIA	: Memo. N° 038 -2006-MTC/14.01.SDMSEM.DLjma	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14.06.2006	FECHA DE ENSAYO	: 16 al 19.06.2006

NTP 400.021(2002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO(*)

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Piedra 3/8" Cantera Km 39 + 500, lado izquierdo, Carretera Yura Patahuasi	Peso específico bulk (base seca)	2,369
	Peso específico bulk (base saturada)	2,452
	Peso específico aparente (base seca)	2,584
	Absorción (%)	3,5

Observaciones:

- Material proporcionado e identificado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 15.06.2006
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a "AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate" (ASTM C-127).
- Los pesos específicos y absorción se determinaron sin el primer secado del agregado.
- La interpretación de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del solicitante.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98)



Lima, 27 de junio del 2006

USA (7/11)
enf./bedlo-gza
O.S. N° 162

OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
 SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 191 - 2006 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: Ing. José Melchor Areche - Jefe Departamento de Laboratorio	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Túpac Amaru N° 1590 - Rímac	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Estudio para la caracterización de mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes	CANTIDAD	: 148 kg aprox.
REFERENCIA	: Memo. N° 038 - 2006-MTC/14.01.SDMSEM.DL.jma	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14.06.2006	FECHA DE ENSAYO	: 16 al 19.06.2006

NTP 400.021(2002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO(*)

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Piedra 3/8" Cantera km 39 + 500 , lado izquierdo , Carretera Yura Patahuasi	Peso específico bulk (base seca)	2,364
	Peso específico bulk (base saturada)	2,448
	Peso específico aparente (base seca)	2,581
	Absorción (%)	3,6

Observaciones:

- Material proporcionado e identificado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 15.06.2006
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a "AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregates" (ASTM C-127).
- Los pesos específicos y absorción se determinaron sin el primer secado del agregado.
- La interpretación de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del solicitante.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98)


 ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 27 de junio del 2006

 USA (8/11)
 enf./bedlc-gza
 O.S.N° 162

REPORTE INTERNO

OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 191 - 2006 - MTC/14.01

SOLICITANTE : Ing. José Melchor Areche - Jefe Departamento de Laboratorio **MUESTRA** : Agregados

DOMICILIO LEGAL : Av. Túpac Amaru N° 1590 - Rimac **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica

PROYECTO : Estudio para la caracterización de mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes **CANTIDAD** : 148 kg aprox.

REFERENCIA : Memo. N° 038 -2006-MTC/14.01.SDMSEM.DL.jma **PRESENTACIÓN** : Sacos

FECHA DE RECEPCIÓN : 14.06.2006 **FECHA DE ENSAYO** : 16 al 19.06.2006

NTP 400.021(2002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO(*)

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Piedra 3/8" Cantera km 39 + 500 , lado izquierdo , Carretera Yura Patahuasi	Peso específico bulk (base seca)	2,365
	Peso específico bulk (base saturada)	2,452
	Peso específico aparente (base seca)	2,592
	Absorción (%)	3,7

Observaciones:

- Material proporcionado e identificado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 15.06.2006
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a "AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate" (ASTM C-127).
- Los pesos específicos y absorción se determinaron sin el primer secado del agregado.
- La interpretación de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del solicitante.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98)



USA (9/11)
 enf./ bedlc-gza
 O.S.N° 162

REPORTE INTERNO

**OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 194 - 2006 - MTC/14.01

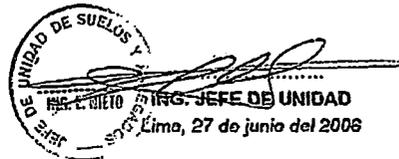
SOLICITANTE	: Ing. José Melchor Arcaño - Jefe Departamento de Laboratorio	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Túpac Amaru N° 1590 - Rimac	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Estudio para la caracterización de mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes	CANTIDAD	: 342 kg aprox.
REFERENCIA	: Memo. N° 038 -2006-MTC/14.01.SDMSEM.DL.jma	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14.06.2006	FECHA DE ENSAYO	: 16 al 19.06.2006

NTP 400.022(2002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO(*)

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Arena Cantera km 39 + 500 , lado izquierdo , Carretera Yura Patahuasi	Peso específico bulk (base seca)	2,331
	Peso específico bulk (base saturada)	2,435
	Peso específico aparente (base seca)	2,603
	Absorción (%)	4,5

Observaciones:

- Material proporcionado e identificado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 15.06.2006
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a "AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate" (ASTM C-128).
- Los pesos específicos y absorción se determinaron sin el primer secado del agregado.
- La interpretación de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del solicitante.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98)



USA (10/11)
enf./ bedlc-gza
O.S. N° 162

REPORTE INTERNO

OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 191 - 2006 - MTC/14.01

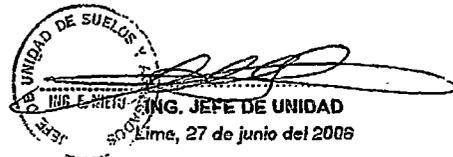
SOLICITANTE	: Ing. José Melchor Areche - Jefe Departamento de Laboratorio	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Túpac Amaru N° 1590 - Rímac	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Estudio para la caracterización de mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes	CANTIDAD	: 342 kg aprox.
REFERENCIA	: Memo. N° 038 -2006-MTC/14.01.SDMSEM.DL.jma	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14.06.2006	FECHA DE ENSAYO	: 16 al 19.06.2006

NTP 400.022(2002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO(*)

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Arena Cantera km 39 + 500 , lado izquierdo , Carretera Yura Patahuasi	Peso específico bulk (base seca)	2,331
	Peso específico bulk (base saturada)	2,435
	Peso específico aparente (base seca)	2,602
	Absorción (%)	4,5

Observaciones:

- Material proporcionado e identificado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 15.06.2006
- (*) 2002-05-16 (2ª Edición). Referencia a "AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate" (ASTM C-128).
- Los pesos específicos y absorción se determinaron sin el primer secado del agregado.
- La interpretación de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del solicitante.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98)



USA (11/11)
 enf./ bedlc-gza
 O.S. N° 162

REPORTE INTERNO

OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO Nº 191 - 2006 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: Ing. José Melchor Areche - Jefe Departamento de Laboratorio	MUESTRA	: Suelos
DOMICILIO LEGAL	: Av. Túpac Amaru Nº 1590 - Rimac	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: "Estudio para la caracterización de mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 165 kg aprox.
REFERENCIA	: Memo. Nº 038 -2006-MTC/14.01.SDMSEM.DL.jma	PRESENTACIÓN	: Sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14.06.2006	FECHA DE ENSAYO	: 20.06.2006

NTP 339.152 (2 002) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRANEA

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Piedra 3/4" ; Cantera "km 39 + 500" ; lado izquierdo ; Carretera Yura - Patahuasi	0,0065
Piedra 3/8" ; Cantera "km 39 + 500" ; lado izquierdo ; Carretera Yura - Patahuasi	0,0074
Arena ; Cantera "39 + 500" lado izquierdo ; Carretera Yura - Patahuasi	0,0432

Observaciones:

- Material proporcionado e identificado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 15.06.2006
- La interpretación de los resultados de ensayos es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo las recomendaciones adjuntas.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución Nº 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).



JEFE DE UNIDAD

Lima, 07 de julio del 2006

UAQ (1/1)
ama
O.S. Nº 162

REPORTE INTERNO

**OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 191 - 2006 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: Ing ^o José Melchor Areche - Jefe del Departamento de Laboratorio.	MUESTRA	: Agregados y PEN 120/150
DOMICILIO LEGAL	: Av. Tupac Amarú 1590 - Rimac	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: "Estudio para la Caracterización de Mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 149,6kg, 149,6kg y 05 gls.
REFERENCIA	: Memo N° 038-2006-MTC/14.01.SDMSEM.DL.jma	PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14.06.2006	FECHA DE ENSAYO	: Del 22/06/06 al 23/06/06

AASHTO T - 182* COATING AND STRIPPING OF BITUMEN - AGGREGATE MIXTURE

DESCRIPCIÓN	REVESTIMIENTO (%)	DESPRENDIMIENTO (% Retenido)
PIEDRA DE 3/4" Cantera km 39+500 L.I. de la Carretera Yura Patahuasi	100	+ 95
PIEDRA DE 3/8" Cantera km 39+500 L.I. de la Carretera Yura Patahuasi	100	+ 95

Tipo de asfalto : Cemento Asfáltico Pen 120/150

Observaciones:

(*) Publicado en Standard Specifications for Transportation Materials and Sampling and Testing 1995.

- Muestras de agregados proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- La muestra de cemento asfáltico Pen 120/150, corresponde a contramuestras efectuadas en el Laboratorio.
- La interpretación de los resultados de ensayos, es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo recomendaciones adjuntas.
- Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CBT del 07.01.98).



ING. JEFE DE UNIDAD
Lirja, 05 de Julio del 2006

UMA (1/4)

c/c/eva.

O.S. N°162



**OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**



REPORTE INTERNO

INFORME DE ENSAYO N° 191 - 2006 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: Ing° José Melchor Areche - Jefe del Departamento de Laboratorio.	MUESTRA	: Agregados y PEN 120/150
DOMICILIO LEGAL	: Av. Tupac Amaru 1590 - Rimac	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: "Estudio para la Caracterización de Mezclas asfálticas con agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 342.8 kg y 05 gls.
REFERENCIA	: Memo N° 038-2006-MTC/14.01.SDMSEM.DL.jma	PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14.06.2006	FECHA DE ENSAYO	: 22/06/2006

MTC E 220 (2000)* ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ÁRIDOS FINOS (PROCEDIMIENTO RIEDEL WEBER)

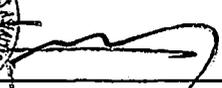
PROCEDENCIA	RESULTADO (Grado)
ARENA Cantera: km 39+500 L.I de la Carretera Yura - Patahuasi	1 - 10

Tipo de asfalto : Cemento Asfáltico Pen 120/150

Observaciones:

- (*) Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2da edición aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001.
- Muestras de agregados proporcionadas e identificadas por el solicitante.
 - La muestra de cemento asfáltico Pen 120/150, corresponde a contramuestras efectuadas en el Laboratorio.
 - La interpretación de los resultados de ensayos, es de exclusiva responsabilidad del solicitante, salvo recomendaciones adjuntas.
 - Este documento no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07-01-98).




 ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 05 de Julio del 2006

UMA (2/4)
cfc/eva.
O.S. N°162

Anexos 04

Ensayos de Calidad del Cemento Asfáltico PEN 120-150

PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.

LABORATORIO
OPERACIONES CONCHÁN

INFORME DE ENSAYO (ASFALTO SOLIDO 120/150 PEN)

GOPC-LAB-1284-2007

FECHA DE REPORTE: 23.07.2007	FECHA DE RECEPCION: 06.07.2007	CODIGO DE MUESTRA:			
HORA DE RECEPCION	PROCEDENCIA:	BUQUE-TANQUE:			
TANQUE DE TIERRA 3A	VOLUMEN CERTIFICADO:	DESTINO			
PROPIEDADES	METODO ASTM	OTRO METODO	Resultados Del Análisis		Especificaciones Min. Máx.
PENETRACION :					
a 25°C, 100 gr., 5 seg.	D 5-05a		125	126	120 150
DUCTILIDAD :					
a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-99		> 150	> 150	100
FLUIDEZ :					
- Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D 2170-01a		1653	1670	Reportar
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D 2170-01a		255	250	140
- Viscosidad a 60°C, P	D 2171-01				Reportar
COMPOSICION :					
Contenido de Parafinas, % Masa	/UOP 46				
SOLUBILIDAD :					
Solubilidad en Tricloroetileno, %Masa	D 2042-01		99,6	99,7	99,0
Prueba de la Mancha, 25% Xileno		T 102	Negat	Negat	
VOLATILIDAD :					
Punto de Inflamación, C.O.C., °C	D 92-05a		286	282	218
DENSIDAD :					
Gravedad API	D 70-03		8,1	8,1	Reportar
Gravedad Específica 60/60, °F	D 70-03		1,014	1,014	Reportar
SUSCEPTIBILIDAD TERMICA :					
Punto de Fractura FRAAS, °C		IP 80/87			
Punto de Ablandamiento, °C	D 36-95(00)e1		43,6	43,8	
Indice de Penetración		PFEIFFER -V-D	-0,5	-0,4	-1,0 1,0
Efecto del Calor y Aire (Película Fina) :	D 1754-97(02)				
- Pérdida por Calentamiento, % Masa			0,60	0,65	1,3
- Penetración Retenida, % de la Original			54	53	46
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-99		120	125	100
ADHERENCIA :					
Revestimiento y Desprendimiento, %	D 3625-96(05)		> 95	> 95	Reportar
OBSERVACIONES : Los ensayos se ejecutaron a solicitud del Grupo de Proyectos-Dpto. Técnico para atender requerimiento de Beca de Tesis "Evaluación del Diseño de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con Empleo de Agregados Altamente Absorbentes Usando Asfalto PEN 120/150.					
ORIGINAL CLIENTE	PREPARADO POR:	APROBADO POR:			
COPIA 1 LABORATORIO	 RAYMUNDO RAMIREZ ROCA FICHA 55116	JOSÉ M. SANCHEZ QUINTANA JEFE UNIDAD LABORATORIO Ficha N° 02608			
COPIA 2 ARCHIVO					

F-OCLAB-PT-15.01

"PETROPERU, MEJORANDO LA CALIDAD DE VIDA"

FIN DEL REPORTE

PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACION DE PETROPERU

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Cemento asfáltico
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: Pen 120/150 (Ref. Comchán -
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de mezclas asfálticas de tipo superior : con el empleo de agregados altamente absorbentes"		Petroperú)
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 14 galones
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: 18.07.2007

ASTM D-2171(01) * STANDARD TEST METHOD FOR VISCOSITY OF ASPHALTS BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

Descripción de la muestra	Condiciones del ensayo	RESULTADO (Pa · s)	
		Repetición N° 01	Repetición N° 02
Cemento asfáltico Pen 120/150	60 °C, 300 mm Hg	80,5	80,3

Observaciones:

(*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.

- Muestra de Cemento asfáltico Pen 120/150 Refinería Conchan - Petroperú, proporcionada e identificada por el solicitante.

- Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.

- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado (sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).

- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 20 de Julio del 2007

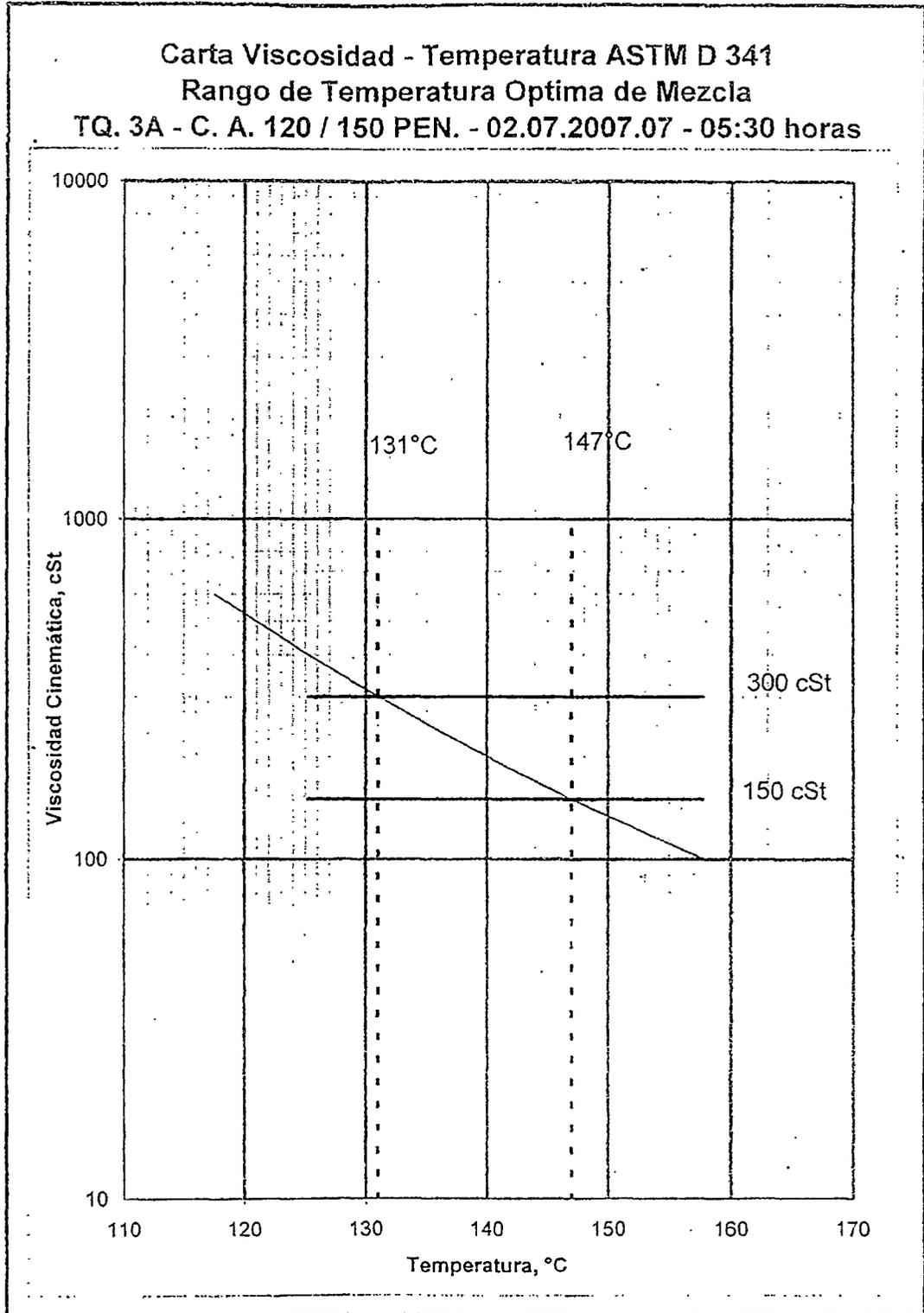


UMA (8/35)
cfc/lca/eva.
O.S. N°157

PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.



LABORATORIO OPERACIONES CONCHÁN



Anexos 05

Ensayos de Mezclas Asfálticas

Anexos 05.01

Ensayos de Mezclas Asfálticas con Agregados de Cusco

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y cal
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de mezclas asfálticas de tipo superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 250 - 400 kg, 14 gls y 3.5 kg
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos, envases de metal y bolsa plástica.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007.	FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-2041 (03a)* STANDARD TEST METHOD FOR THEORETICAL MAXIMUM SPECIFIC GRAVITY AND DENSITY OF BITUMINOUS PAVING MIXTURES

MEZCLA ASFÁLTICA : Agregado grueso chancado de 1/2" : 10 %, Cantera "Canchayocc"
 Agregado grueso chancado de 3/8" : 30 %, Cantera "Canchayocc"
 Agregado fino combinado : 59 %, Cantera "Canchayocc - Yanahuara"
 Cal hidratada : 1 %.

TIPO DE ASFALTO : Pen 120 - 150 (Refinería Conchán - Petroperú)

Descripción de la muestra	Tiempo de curado a 140°C (horas)	Contenido de asfalto (%)	Resultado (g/cm ³)
Mezcla asfáltica en caliente	Mezcla convencional	5,0	2.492
		5,5	2.474
		6,0	2.457
		6,5	2.438
		7,0	2.421

Tipo de contenedor: Frasco de vidrio.
 Tipo de procedimiento: Pesado en aire.

Observaciones:

- (*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.
- Muestras de agregados, cemento asfáltico, cal hidratada y aditivo tipo amina; proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. JEFE DE UNIDAD

Lima, 18 de Agosto del 2007

UMA (3/35)
 cfc/lca.
 O.S. N°157

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y cal
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de mezclas asfálticas de tipo superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 250 - 400 kg, 14 gls y 3.5 kg
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos, envases de metal y bolsa plástica.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007.	FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-2041 (03a)* STANDARD TEST METHOD FOR THEORETICAL MAXIMUM SPECIFIC GRAVITY AND DENSITY OF BITUMINOUS PAVING MIXTURES

MEZCLA ASFÁLTICA : Agregado grueso chancado de 1/2" : 10 %, Cantera "Canchayocc"
 Agregado grueso chancado de 3/8" : 30 %, Cantera "Canchayocc"
 Agregado fino combinado : 59 %, Cantera "Canchayocc - Yanahuara"
 Cal hidratada : 1 %.

TIPO DE ASFALTO : Pen 120 - 150 (Refinería Conchán - Petroperú)

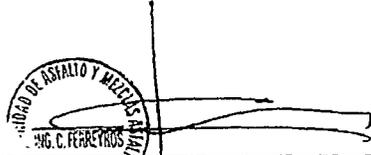
Descripción de la muestra	Tiempo de curado a 140°C (horas)	Contenido de asfalto (%)	Resultado (g/cm ³)
Mezcla asfáltica en caliente	0.5 h	5,0	2.493
		5,5	2.478
		6,0	2.458
		6,5	2.441
		7,0	2.421

Tipo de contenedor: Frasco de vidrio.
Tipo de procedimiento: Pesado en aire.

Observaciones:

- (*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.
- Muestras de agregados, cemento asfáltico, cal hidratada y aditivo tipo amina; proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 18 de Agosto del 2007

UMA (4/35)
 c/c/ica.
 O.S. N°157

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y cal
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de mezclas asfálticas de tipo superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 250 - 400 kg, 14 gls y 3.5 kg
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos, envases de metal y bolsa plástica.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007.	FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-2041 (03a)* STANDARD TEST METHOD FOR THEORETICAL MAXIMUM SPECIFIC GRAVITY AND DENSITY OF BITUMINOUS PAVING MIXTURES

MEZCLA ASFÁLTICA : Agregado grueso chancado de 1/2" : 10 %, Cantera "Canchayocc"
 Agregado grueso chancado de 3/8" : 30 %, Cantera "Canchayocc"
 Agregado fino combinado : 59 %, Cantera "Canchayocc - Yanahuara"
 Cal hidratada : 1 %.

TIPO DE ASFALTO : Pen 120 - 150 (Refinería Conchán - Petroperú)

Descripción de la muestra	Tiempo de curado a 140°C (horas)	Contenido de asfalto (%)	Resultado (g/cm ³)
Mezcla asfáltica en caliente	1.0 h	5,0	2.503
		5,5	2.483
		6,0	2.462
		6,5	2.445
		7,0	2.424

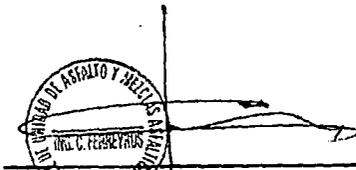
Tipo de contenedor: Frasco de vidrio.
 Tipo de procedimiento: Pesado en aire.

Observaciones:

(*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.

- Muestras de agregados, cemento asfáltico, cal hidratada y aditivo tipo amina; proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




 ING. C. PEREYRA
 ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 18 de Agosto del 2007

UMA (5/35)
 cfc/ca.
 O.S. N°157

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y cal
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de mezclas asfálticas de tipo superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	CANTIDAD	: 250 - 400 kg, 14 gls y 3.5 kg
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos, envases de metal y bolsa plástica.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007.	FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-2041 (03a)* STANDARD TEST METHOD FOR THEORETICAL MAXIMUM SPECIFIC GRAVITY AND DENSITY OF BITUMINOUS PAVING MIXTURES

MEZCLA ASFÁLTICA : Agregado grueso chancado de 1/2" : 10 %, Cantera "Canchayocc"
Agregado grueso chancado de 3/8" : 30 %, Cantera "Canchayocc"
Agregado fino combinado : 59 %, Cantera "Canchayocc - Yanahuara"
Cal hidratada : 1 %.

TIPO DE ASFALTO : Pen 120 - 150 (Refinería Conchán - Petroperú)

Descripción de la muestra	Tiempo de curado a 140°C (horas)	Contenido de asfalto (%)	Resultado (g/cm ³)
Mezcla asfáltica en caliente	1.5 h	5,0	2.506
		5,5	2.489
		6,0	2.470
		6,5	2.448
		7,0	2.432

Tipo de contenedor: Frasco de vidrio.
Tipo de procedimiento: Pesado en aire.

Observaciones:

(*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.

- Muestras de agregados, cemento asfáltico, cal hidratada y aditivo tipo amina; proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 18 de Agosto del 2007

UMA (6/35)
cfc/lca.
O.S. N°157

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y cal
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de mezclas asfálticas de tipo superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 250 - 400 kg, 14 gls y 3.5 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007.	PRESENTACIÓN	: Sacos, envases de metal y bolsa plástica.
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-2041 (03a)* STANDARD TEST METHOD FOR THEORETICAL MAXIMUM SPECIFIC GRAVITY AND DENSITY OF BITUMINOUS PAVING MIXTURES

MEZCLA ASFÁLTICA : Agregado grueso chancado de 1/2" : 10 %, Cantera "Canchayocc"
 Agregado grueso chancado de 3/8" : 30 %, Cantera "Canchayocc"
 Agregado fino combinado : 59 %, Cantera "Canchayocc - Yanahuara"
 Cal hidratada : 1 %.

TIPO DE ASFALTO : Pen 120 - 150 (Refinería Conchán - Petroperú)

Descripción de la muestra	Tiempo de curado a 140°C (horas)	Contenido de asfalto (%)	Resultado (g/cm ³)
Mezcla asfáltica en caliente	2.0 h	5,0	2.510
		5,5	2.488
		6,0	2.462
		6,5	2.441
		7,0	2.422

Tipo de contenedor: Frasco de vidrio.
Tipo de procedimiento: Pesado en aire.

Observaciones:

- (*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.
- Muestras de agregados, cemento asfáltico, cal hidratada y aditivo tipo amina; proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima 18 de Agosto del 2007

UMA (7/35)
 cfc/lca.
 O.S. N°157

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	1A			1B			1C			2A			2B			2C																				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																		
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL																		5,0			5,5														
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA																		38,00			37,80														
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA																		56,05			55,76														
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA																		0,95			0,94														
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE																		1,014			1,014														
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")																		2,722			2,722														
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK																		2,641			2,641														
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE																		2,273			2,273														
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)																		6,3			6,2			6,4											
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)																		1.217,8			1.216,2			1.214,9			1.224,9			1.224,8			1.225,9		
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)																		1.226,4			1.223,0			1.222,4			1.231,8			1.232,0			1.233,3		
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)																		706,8			706,4			706,5			718,6			716,0			716,6		
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm³)																		519,6			516,6			515,9			513,2			516,0			516,7		
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)																		8,6			6,8			7,5			6,9			7,2			7,4		
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm³)																		9,8			7,8			8,6			7,9			8,2			8,5		
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm³)																		509,8			508,8			507,3			505,3			507,8			508,2		
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³)																		2,389			2,390			2,395			2,424			2,412			2,412		
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041																		2,492			2,474														
19	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)																		4,1			4,1			3,9			2,0			2,5			2,5		
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)																		2,668			2,668														
21	V.M.A. (%)																		14,9			14,9			14,7			14,1			14,6			14,6		
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)																		72,3			72,6			73,5			85,7			82,8			82,8		
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL																		2,699			2,700														
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)																		0,4			0,5														
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)																		4,6			5,1														
26	FLUJO (0.01 Pulgada)																		10,0			11,0			10,0			11,0			12,0			12,0		
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)																		1.686,0			1.768,0			1.614,0			1.829,0			1.890,0			1.809,0		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD																		1,00			1,00			1,04			1,04			1,04			1,04		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)																		1.686,0			1.768,0			1.679,0			1.902,0			1.966,0			1.881,0		

Observaciones: Mezcla asfáltica convencional

UMA (9/35)
cfc/lca/npf
O.S. N° 157



DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	3A			3B			3C			4A			4B			4C											
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL									6,00			6,50														
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA									37,60			37,40														
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA									55,46			55,17														
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA									0,94			0,93														
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE									1,014			1,014														
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")									2,722			2,722														
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK									2,641			2,641														
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE									2,273			2,273														
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)									6,2			6,3			6,5											
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)									1.227,1			1.221,7			1.238,5			1.233,6			1.238,4			1.233,3		
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)									1.234,6			1.230,2			1.245,6			1.240,9			1.245,6			1.241,0		
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)									720,4			715,7			725,5			719,7			724,0			720,6		
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)									514,2			514,5			520,1			521,2			521,6			520,4		
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)									7,5			8,5			7,1			7,3			7,2			7,7		
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)									8,6			9,7			8,1			8,3			8,2			8,8		
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)									505,6			504,8			512,0			512,9			513,4			511,6		
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)									2,427			2,420			2,419			2,405			2,412			2,411		
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041									2,457			2,438														
19	PORCENTAJE DE VACÍOS									1,2			1,5			1,6			1,4			1,1			1,1		
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)									2,668			2,668														
21	V.M.A.									14,5			14,7			14,8			15,7			15,5			15,5		
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.									91,6			89,7			89,5			91,4			93,1			92,8		
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL									2,702			2,702														
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)									0,5			0,5														
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO									5,6			6,1														
26	FLUJO (0.01 Pulgada)									13,0			13,0			12,0			14,0			14,0			13,0		
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)									1.942,0			1.962,0			1.921,0			1.901,0			1.819,0			1.880,0		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD									1,04			1,04			1,00			1,00			1,00			1,00		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)									2.020,0			2.040,0			1.921,0			1.901,0			1.819,0			1.880,0		

Observaciones: Mezcla asfáltica convencional



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

UMA (10/35)
cfc/lca/nof
O.S. N° 157



DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gts y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C			
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	7,00					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,20					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	54,87					
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,93					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,014					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,722					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,641					
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,273					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,3	6,3	6,3			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.236,8	1.232,4	1.234,9			
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.243,6	1.240,1	1.241,5			
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	720,7	718,2	719,7			
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	522,9	521,9	521,8			
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	6,8	7,7	6,6			
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	7,8	8,8	7,5			
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	515,1	513,1	514,3			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2,401	2,402	2,401			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,421					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	0,8	0,8	0,8			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2,668					
21 V.M.A.	16,3	16,3	16,3			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	94,9	95,2	94,9			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,703					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0,5					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6,5					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	15,0	16,0	16,0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	1.716,0	1.757,0	1.839,0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	1.716,0	1.757,0	1.839,0			

Observaciones: Mezcla asfáltica convencional



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

UMA (11/35)
cfc/lca/npf
O.S. N° 157

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla :

- Nº de golpes por cara	:						
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,8		6,0		6,2	
- Peso Específico bulk, g/cm ³	:	2,421		2,422		2,421	
- Vacíos, %	:	2,1		1,9		1,6	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	87,8		90,4		92,2	
- V.M.A., %	:	14,6		14,7		14,9	
- Estabilidad, lb (Kg)	:	1990,0	(903)	1995,0	(906)	1980,0	(899)
- Flujo (10 ⁻² pulg), mm	:	12,3	(3,1)	12,7	(3,2)	13,4	(3,4)
- Absorción de Asfalto, %	:			0,5			
- Relación Estabilidad / Flujo, lb/pulg (Kg/cm)	:	161,8	(2890)	157,1	(2809)	147,8	(2641)
- Estabilidad Retenida, %	:			--			
- Índice de Compactabilidad	:			5,8			
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			140,0			

Mezcla asfáltica convencional**Proporciones de mezcla :**

(1) Piedra chancada de 1/2", % **	:	10,0
(2) Piedra chancada de 3/8", % **	:	30,0
(3) Arena Combinada, % **	:	59,0
(4) Cal Hidratada, % **	:	1,0

Materiales :

- Tipo de Asfalto	:	Cemento Asfáltico PEN 120/150 - Refinería Conchán.
- Agregados:	:	Piedra Chancada de 1/2", Cantera "Canchayocc)
Procedencia	:	Piedra Chancada de 3/8", Cantera "Canchayocc)
	:	Arena combinada de las Canteras "Yanahuara - Canchayocc"
Cal Hidratada	:	Sin identificación

Nota :

- (*) Porcentaje en peso de la mezcla total.
(**) Porcentaje en peso de los agregados.

Observaciones :

(*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.

- Muestras de agregados, cemento asfáltico y cal hidratada, proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UMA (12/35)
cfc/lca/npf
O.S. N°157



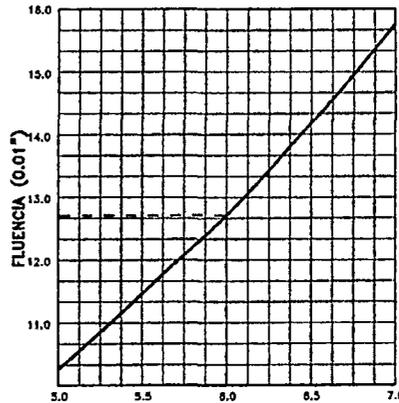
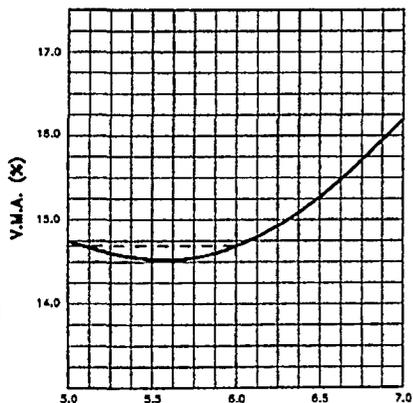
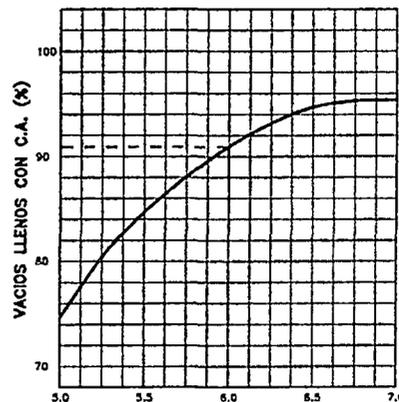
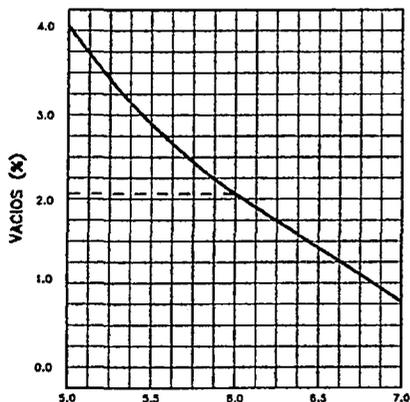
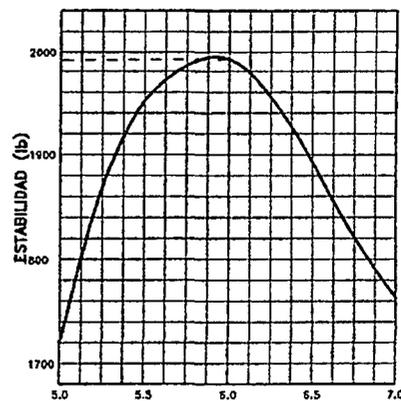
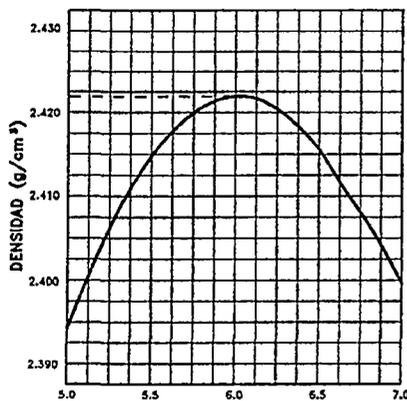
ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007



**DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167-2007-MTC/14.01**

SOLICITANTE : BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA : Agregados
DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz "L" Lote 5 - S.M.P	
PROYECTO : Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN : La que se indica
	CANTIDAD : 400 kg y 14 kg
REFERENCIA : REC N° 061-2007-FPL-501-G	PRESENTACION : Sacos y envase de metal
FECHA DE RECEP. : 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO : Del 06.08.07 al 13.08.06

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL



Nota: Diseño con mezcla convencional.
 UMA (13/35) CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL (MTC)
 c/c/lca/npt/eva.
 O.S. N° 157



DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE : BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP
PROYECTO : Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"
REFERENCIA : REC N° 061-2007-FPL-501-G
FECHA DE RECEPCIÓN : 09.07.2007

MUESTRA : Agregados, Pen 120/150 y Cal
IDENTIFICACIÓN : La que se indica
CANTIDAD : 239 kg, 14 gls y 30 kg.
PRESENTACIÓN : Sacos y envases metálicos
FECHA DE ENSAYO : Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,0			5,5		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,00			37,80		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,05			55,76		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,95			0,94		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,014			1,014		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,722			2,722		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,641			2,641		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,273			2,273		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,3	6,2	6,3	6,4	6,2	6,3
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.213,3	1.203,9	1.216,3	1.220,4	1.220,7	1.221,3
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.222,4	1.212,8	1.223,9	1.228,0	1.228,9	1.229,5
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	703,6	699,3	710,5	715,0	712,0	714,3
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	518,8	513,5	513,4	513,0	516,9	515,2
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	9,1	8,9	7,6	7,6	8,2	8,2
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	10,4	10,2	8,7	8,7	9,4	9,4
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	508,4	503,3	504,7	504,3	507,5	505,8
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2,387	2,392	2,410	2,420	2,405	2,414
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,493			2,478		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4,3	4,1	3,3	2,3	3,0	2,6
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2,668			2,668		
21 V.M.A. (%)	15,0	14,8	14,2	14,3	14,8	14,5
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	71,7	72,6	76,5	83,6	80,1	82,2
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,700			2,705		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0,5			0,5		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4,6			5,0		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	11,0	11,0	10,0	12,0	12,0	13,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	1.573,0	1.634,0	1.686,0	1.819,0	1.850,0	1.829,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	1.636,0	1.699,0	1.753,0	1.892,0	1.924,0	1.902,0

Observaciones: Mezcla asfáltica con 0.5 hora a 140°C



UMA (14/35)
cfc/lca/nfp
O.S. N° 157



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N°	N° DE BRIQUETAS	3A			3B			3C			4A			4B			4C		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,00									6,50								
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,60									37,40								
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55,46									55,17								
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,94									0,93								
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,014									1,014								
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,722									2,722								
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,641									2,641								
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,273									2,273								
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,2	6,2	6,3	6,4	6,4	6,3	6,4	6,4	6,3	6,4	6,4	6,3	6,4	6,4	6,3	6,4	6,4	6,3
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.221,1	1.221,9	1.229,2	1.234,7	1.229,4	1.227,0	1.234,7	1.229,4	1.227,0	1.234,7	1.229,4	1.227,0	1.234,7	1.229,4	1.227,0	1.234,7	1.229,4	1.227,0
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.228,5	1.229,4	1.236,6	1.242,3	1.236,9	1.233,8	1.242,3	1.236,9	1.233,8	1.242,3	1.236,9	1.233,8	1.242,3	1.236,9	1.233,8	1.242,3	1.236,9	1.233,8
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	714,6	714,5	719,0	719,4	721,1	720,4	719,4	721,1	720,4	719,4	721,1	720,4	719,4	721,1	720,4	719,4	721,1	720,4
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	513,9	514,9	517,6	522,9	515,8	513,4	522,9	515,8	513,4	522,9	515,8	513,4	522,9	515,8	513,4	522,9	515,8	513,4
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	7,4	7,5	7,4	7,6	7,5	6,8	7,6	7,5	6,8	7,6	7,5	6,8	7,6	7,5	6,8	7,6	7,5	6,8
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	8,5	8,6	8,5	8,7	8,6	7,8	8,7	8,6	7,8	8,7	8,6	7,8	8,7	8,6	7,8	8,7	8,6	7,8
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	505,4	506,3	509,1	514,2	507,2	505,6	514,2	507,2	505,6	514,2	507,2	505,6	514,2	507,2	505,6	514,2	507,2	505,6
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2,416	2,413	2,414	2,401	2,424	2,427	2,401	2,424	2,427	2,401	2,424	2,427	2,401	2,424	2,427	2,401	2,424	2,427
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,458									2,441								
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	1,7	1,8	1,8	1,6	0,7	0,6	1,6	0,7	0,6	1,6	0,7	0,6	1,6	0,7	0,6	1,6	0,7	0,6
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2,668									2,668								
21	V.M.A.	14,9	15,0	14,9	15,9	15,1	14,9	15,9	15,1	14,9	15,9	15,1	14,9	15,9	15,1	14,9	15,9	15,1	14,9
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	88,5	87,8	88,0	89,7	95,4	96,2	89,7	95,4	96,2	89,7	95,4	96,2	89,7	95,4	96,2	89,7	95,4	96,2
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,704									2,706								
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0,5									0,5								
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5,5									6,0								
26	FLUJO (0,01 Pulgada)	14,0	13,0	13,0	15,0	15,0	16,0	15,0	15,0	16,0	15,0	15,0	16,0	15,0	15,0	16,0	15,0	15,0	16,0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	1.911,0	1.839,0	1.890,0	1.737,0	1.798,0	1.716,0	1.737,0	1.798,0	1.716,0	1.737,0	1.798,0	1.716,0	1.737,0	1.798,0	1.716,0	1.737,0	1.798,0	1.716,0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,00	0,96	1,04	1,04	0,96	1,04	1,04	0,96	1,04	1,04	0,96	1,04	1,04	0,96	1,04	1,04
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	1.987,0	1.913,0	1.890,0	1.668,0	1.870,0	1.785,0	1.668,0	1.870,0	1.785,0	1.668,0	1.870,0	1.785,0	1.668,0	1.870,0	1.785,0	1.668,0	1.870,0	1.785,0

Observaciones: Mezcla asfáltica con 0.5 hora a 148°C

UMA (15/35)
c/c/c/a/n/pf
O.S. N° 157



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE : BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto **MUESTRA** : Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica
PROYECTO : Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes" **CANTIDAD** : 239 kg, 14 gls y 30 kg.
REFERENCIA : REC N° 061-2007-FPL-501-G **PRESENTACIÓN** : Sacos y envases metálicos
FECHA DE RECEPCIÓN : 09.07.2007 **FECHA DE ENSAYO** : Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C			
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	7,00					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,20					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	54,87					
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,93					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,014					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,722					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,641					
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,273					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,4	6,4	6,4			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.229,9	1.235,8	1.232,0			
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.237,1	1.243,0	1.239,0			
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	719,3	719,3	719,3			
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	517,8	523,7	519,7			
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	7,2	7,2	7,0			
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	8,2	8,2	8,0			
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	509,6	515,5	511,7			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2,414	2,397	2,408			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,421					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	0,3	1,0	0,5			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2,668					
21 V.M.A.	15,9	16,4	16,1			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	98,2	94,0	96,6			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,703					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0,5					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6,5					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	17,0	17,0	17,0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	1.634,0	1.727,0	1.593,0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	1.634,0	1.727,0	1.593,0			

Observaciones: Mezcla asfáltica con 0.5 hora a 140°C

UMA (16/35)
cfc/lca/npf
O.S. N° 157





 ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 18 de Agosto del 2007

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla :

		Mezcla asfáltica con 0.5 hora de curado a 140°C			
- N° de golpes por cara	:		75		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,8	6,0	6,2	
- Peso Específico bulk, g/cm ³	:	2,414	2,416	2,417	
- Vacíos, %	:	2,1	1,7	1,4	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	85,8	88,2	91,0	
- V.M.A., %	:	14,7	14,9	15,0	
- Estabilidad, lb (Kg)	:	1930,0	(876)	1930,0	(876)
- Flujo (10 ⁻² pulg), mm	:	12,8	(3,3)	13,6	(3,5)
- Absorción de Asfalto, %	:			0,5	
- Relación Estabilidad / Flujo, lb/pulg (Kg/cm)	:	150,8	(2694)	141,9	(2536)
- Estabilidad Retenida, %	:			132,6	(2370)
- Índice de Compactabilidad	:			6,5	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			140,0	

Proporciones de mezcla :

(1) Piedra chancada de 1/2", % **	:	10,0
(2) Piedra chancada de 3/8", % **	:	30,0
(3) Arena Combinada, % **	:	59,0
(4) Cal Hidratada, % **	:	1,0

Materiales :

- Tipo de Asfalto	:	Cemento Asfáltico PEN 120/150 - Refinería Conchán.
- Agregados:	:	Piedra Chancada de 1/2", Cantera "Canchayocc)
Procedencia	:	Piedra Chancada de 3/8", Cantera "Canchayocc)
	:	Arena combinada de las Canteras "Yanahuara - Canchayocc"

Cal Hidratada : Sin identificación.

Nota :

- (*) Porcentaje en peso de la mezcla total.
(**) Porcentaje en peso de los agregados.

Observaciones :

- (*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.
- Muestras de agregados, cemento asfáltico y cal hidratada, proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UMA (17/35)
cfc/lca/npf
O.S. N°157



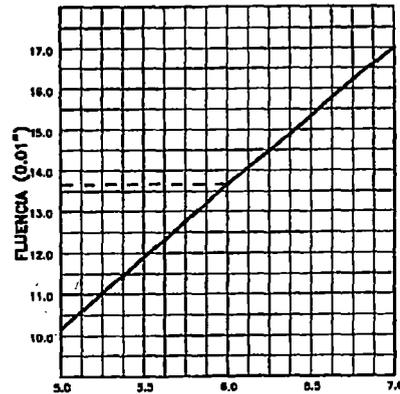
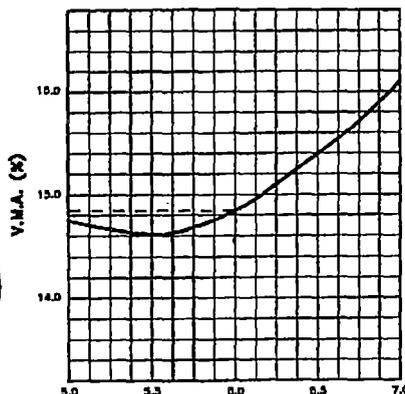
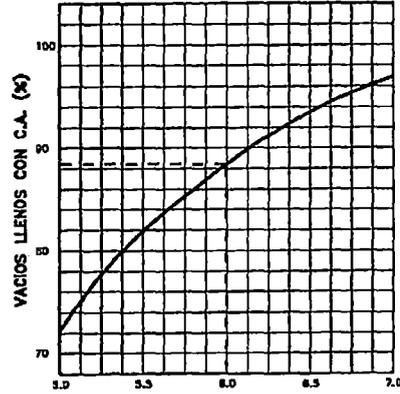
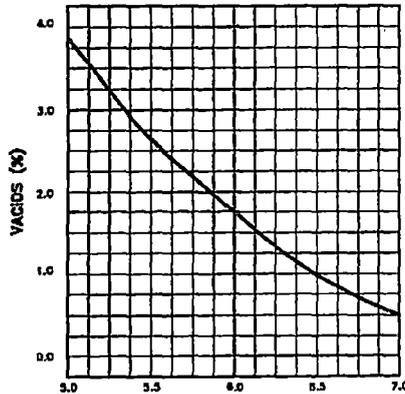
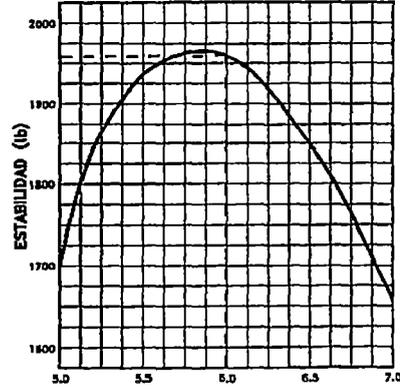
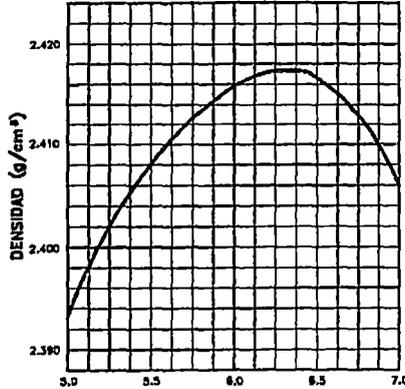

 ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 18 de Agosto del 2007



**DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167-2007-MTC/14.01**

SOLICITANTE : BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA : Agregados
DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz "L" Lota 5 - S.M.P	
PROYECTO : Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN : La que se indica
	CANTIDAD : 400 kg y 14 kg
REFERENCIA : REC N° 061-2007-FPL-501-G	PRESENTACION : Sacos y envase de metal
FECHA DE RECEP. : 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO: Del 06.08.07 al 13.08.06

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL



Nota : Diseño aplicando 1/2 hora de curado
UMA (18/35)
etc/lca/npl/eva. CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL
O.S. N° 157



DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,0			5,5		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,00			37,80		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,05			55,76		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,95			0,94		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,014			1,014		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,722			2,722		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,641			2,641		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,273			2,273		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,3	6,4	6,5	6,3	6,2	6,2
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.210,9	1.216,9	1.219,7	1.220,6	1.216,5	1.215,4
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.219,4	1.226,7	1.230,5	1.229,0	1.224,8	1.223,2
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	703,0	705,2	707,2	710,5	709,9	709,1
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	516,4	521,5	523,3	518,5	514,9	514,1
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	8,5	9,8	10,8	8,4	8,3	7,8
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	9,7	11,2	12,3	9,6	9,5	8,9
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	506,7	510,3	511,0	508,9	505,4	505,2
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2,390	2,385	2,387	2,399	2,407	2,406
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,503			2,483		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4,5	4,7	4,6	3,4	3,1	3,1
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2,668			2,668		
21 V.M.A. (%)	14,9	15,1	15,0	15,0	14,7	14,8
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	69,7	68,8	69,1	77,5	79,2	79,1
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,713			2,712		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0,6			0,6		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4,4			4,9		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	13,0	13,0	12,0	14,0	15,0	15,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	1.706,0	1.727,0	1.665,0	1.757,0	1.839,0	1.880,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,00	1,00	1,00	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	1.774,0	1.727,0	1.665,0	1.757,0	1.913,0	1.955,0

Observaciones: Mezcla asfáltica con 1.0 hora a 140°C



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

UMA (19/35)
cfc/lca/npf
O.S. N° 157



DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE : BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto **MUESTRA** : Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivlenda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP : Cal
PROYECTO : Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes" **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica
REFERENCIA : REC N° 061-2007-FPL-501-G **CANTIDAD** : 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN : 09.07.2007 **PRESENTACIÓN** : Sacos y envases metálicos
: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,00			6,50		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,60			37,40		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55,46			55,17		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,94			0,93		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,014			1,014		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,722			2,722		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,641			2,641		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,273			2,273		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,2	6,2	6,4	6,2	6,3	6,3
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.230,0	1.216,3	1.229,4	1.230,2	1.229,9	1.237,9
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.237,7	1.224,5	1.237,2	1.244,9	1.237,1	1.247,2
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	719,9	710,0	718,9	722,9	719,3	721,1
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	517,8	514,5	518,3	522,0	517,8	526,1
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	7,7	8,2	7,8	14,7	7,2	9,3
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	8,8	9,4	8,9	16,8	8,2	10,6
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	509,0	505,1	509,4	505,2	509,6	515,5
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2,417	2,408	2,413	2,435	2,414	2,401
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,462			2,445		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	1,8	2,2	2,0	0,4	1,3	1,8
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2,668			2,668		
21 V.M.A.	14,8	15,2	15,0	14,7	15,4	15,9
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A.	87,6	85,6	86,7	97,2	91,8	88,7
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,709			2,711		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0,6			0,6		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5,5			5,9		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	16,0	16,0	17,0	18,0	18,0	19,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	1.983,0	1.952,0	2.003,0	1.829,0	1.850,0	1.809,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,04	1,00	1,04	1,00	1,00
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	1.983,0	2.030,0	2.003,0	1.902,0	1.850,0	1.809,0

Observaciones: Mezcla asfáltica con 1.0 hora a 140°C

ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 18 de Agosto del 2007

UMA (20/35)
cfc/lca/npf
O.S. N° 157



DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	SA	5B	SC			
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	7,00					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,20					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	54,87					
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,93					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,014					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,722					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,641					
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,273					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,3	6,3	6,4			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.230,2	1.236,5	1.237,6			
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.244,7	1.243,7	1.248,0			
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	717,2	721,3	718,6			
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	527,5	522,4	529,4			
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	14,5	7,2	10,4			
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	16,6	8,2	11,9			
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	510,9	514,2	517,5			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2,408	2,405	2,391			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,424					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	0,7	0,8	1,4			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2,668					
21 V.M.A.	16,1	16,2	16,7			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A.	95,9	95,2	91,9			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,707					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0,6					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6,5					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	18,0	20,0	20,0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	1.737,0	1.716,0	1.727,0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	1.737,0	1.716,0	1.727,0			

Observaciones: Mezcla asfáltica con 1.0 hora a 140°C



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

UMA (21/35)
cfc/lca/npf
O.S. N° 157

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 178 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla :

	Mezcla asfáltica con 1.0 hora de curado a 140°C					
- N° de golpes por cara	:					
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,9	6,1		6,3	
- Peso Específico bulk, g/cm ³	:	2,412	2,416		2,416	
- Vacíos, %	:	2,1	1,8		1,4	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	84,9	87,1		89,8	
- V.M.A., %	:	14,9	15,0		15,2	
- Estabilidad, lb (Kg)	:	1978,0	(898)	1976,0	(897)	1935,0 (878)
- Flujo (10 ⁻² pulg), mm	:	16,2	(4,1)	16,7	(4,2)	17,4 (4,4)
- Absorción de Asfalto, %	:			0,6		
- Relación Estabilidad / Flujo, lb/pulg (Kg/cm)	:	122,1	(2182)	118,3	(2115)	111,2 (1987)
- Estabilidad Retenida, %	:			-		
- Índice de Compactabilidad	:			6,2		
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			140,0		

Proporciones de mezcla :

(1) Piedra chancada de 1/2", % **	:	10,0
(2) Piedra chancada de 3/8", % **	:	30,0
(3) Arena Combinada, % **	:	59,0
(4) Cal Hidratada, % **	:	1,0

Materiales :

- Tipo de Asfalto	:	Cemento Asfáltico PEN 120/150 - Refinería Conchán.
- Agregados:	:	Piedra Chancada de 1/2", Cantera "Canchayocc)
Procedencia	:	Piedra Chancada de 3/8", Cantera "Canchayocc)
	:	Arena combinada de las Canteras "Yanahuara - Canchayocc"
Cal Hidratada	:	Sin identificación.

Nota :

- (*) Porcentaje en peso de la mezcla total.
(**) Porcentaje en peso de los agregados.

Observaciones :

- (*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.
- Muestras de agregados, cemento asfáltico y cal hidratada, proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. JEFE DE UNIDAD

Lima, 18 de Agosto del 2007

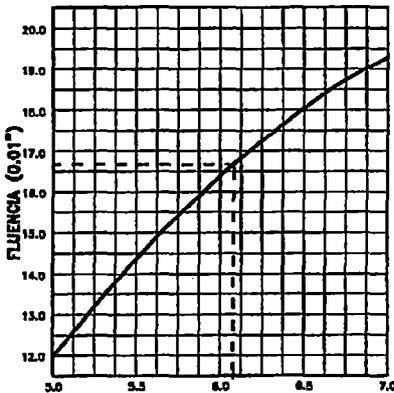
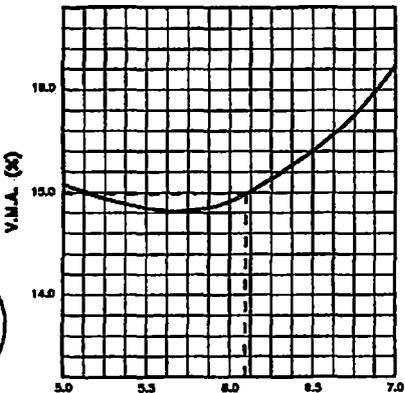
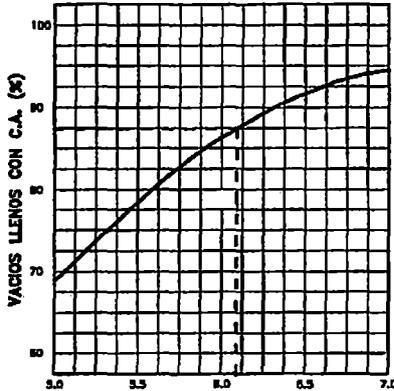
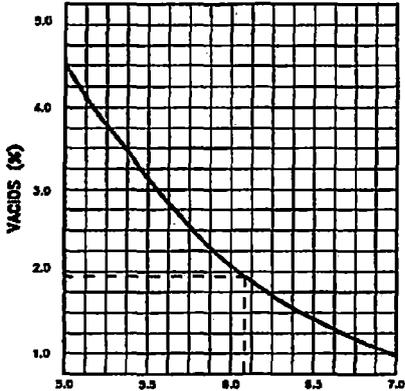
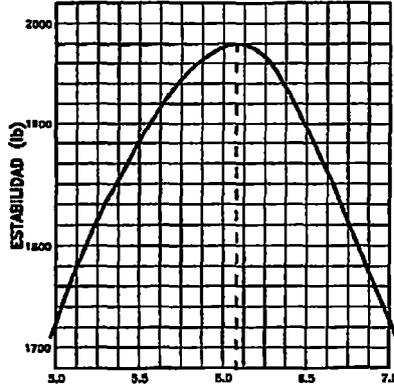
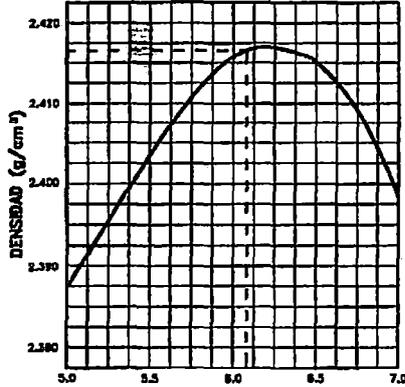
UMA (22/35)
cfc/lca/npf
O.S. N° 157



**DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167-2007-MTC/14.01**

SOLICITANTE : BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA : Agregados
DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz "L" Lote 5 - S.M.P	
PROYECTO : Testis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN : La que se indica
	CANTIDAD : 400 kg y 14 kg
REFERENCIA : REC N° 061-2007-FPL-501-G	PRESENTACION : Sacos y envase de metal
FECHA DE RECEP. : 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO : Del 06.08.07 al 13.08.06

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL



Nota : Diseño aplicando 1.0 hora de curado
 UMA (23/35) CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA
 cfc/lca/npf/eva. O.S. N° 157



DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 081-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N°	N° DE BRIQUETAS	1A			2A		
		1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,0			5,5		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,00			37,80		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,05			55,76		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,95			0,94		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,014			1,014		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,722			2,722		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,641			2,641		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,273			2,273		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,2	6,3	6,3	6,1	6,4	6,3
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.210,4	1.214,2	1.210,9	1.214,2	1.214,8	1.217,0
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.218,1	1.222,2	1.219,1	1.222,5	1.223,4	1.225,7
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	701,8	702,9	699,5	706,0	705,9	707,8
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	516,3	519,3	519,6	516,5	517,5	517,9
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	7,7	8,0	8,2	8,3	8,6	8,7
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	8,8	9,1	9,4	9,5	9,8	9,9
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	507,5	510,2	510,2	507,0	507,7	508,0
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2,385	2,380	2,373	2,395	2,393	2,396
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,506			2,489		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4,8	5,0	5,3	3,8	3,9	3,7
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2,668			2,668		
21	V.M.A. (%)	15,1	15,3	15,5	15,2	15,2	15,1
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	68,0	67,1	65,7	75,1	74,6	75,2
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,716			2,719		
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0,7			0,7		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4,4			4,8		
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	13,0	12,0	12,0	13,0	14,0	14,0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	1.788,0	1.737,0	1.614,0	1.901,0	1.942,0	1.809,0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,00	1,00	1,04	1,04	1,04
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	1.860,0	1.737,0	1.614,0	1.977,0	2.020,0	1.881,0

Observaciones: Mezcla asfáltica con 1.5 hora a 140°C

UMA (24/35)
cfc/lca/nof
O.S. N° 157



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Mguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gis y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,00			6,50		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,60			37,40		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55,46			55,17		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,94			0,93		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,014			1,014		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,722			2,722		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,641			2,641		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,273			2,273		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,3	6,3	6,1	6,2	6,2	6,4
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.222,5	1.225,5	1.220,2	1.228,7	1.225,6	1.232,2
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.230,4	1.234,7	1.228,5	1.236,1	1.233,0	1.240,2
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	715,2	712,3	711,5	718,3	716,9	720,7
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	515,2	522,4	517,0	517,8	516,1	519,5
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	7,9	9,2	8,3	7,4	7,4	8,0
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	9,0	10,5	9,5	8,5	8,5	9,1
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	506,2	511,9	507,5	509,3	507,6	510,4
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2,415	2,394	2,404	2,412	2,414	2,414
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,470			2,448		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	2,2	3,1	2,7	1,5	1,4	1,4
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2,668			2,668		
21 V.M.A.	14,9	15,7	15,3	15,5	15,4	15,4
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A.	85,0	80,4	82,5	90,5	91,0	91,0
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,719			2,715		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0,7			0,7		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5,3			5,9		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	15,0	15,0	16,0	16,0	17,0	17,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	2.095,0	2.024,0	2.003,0	2.044,0	1.952,0	1.983,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,00	1,04	1,00	1,04	1,00
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	2.179,0	2.024,0	2.083,0	2.044,0	2.030,0	1.983,0

Observaciones: Mezcla asfáltica con 1.5 hora a 140°C



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

UMA (25/35)
cfc/lca/npf
cfc/lca/npf



DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C			
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			7,00		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			37,20		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			54,87		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			0,93		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1,014		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")			2,722		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK			2,641		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE			2,273		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,3	6,4	6,3		
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.233,5	1.232,3	1.233,7		
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.240,6	1.239,3	1.240,3		
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	722,5	720,3	721,7		
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	518,1	519,0	518,6		
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	7,1	7,0	6,6		
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)	8,1	8,0	7,5		
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	510,0	511,0	511,1		
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2,419	2,412	2,414		
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,432				
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	0,5	0,8	0,7		
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)	2,668				
21	V.M.A.	15,7	15,9	15,9		
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	96,6	94,8	95,3		
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,718				
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0,7				
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6,4				
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	18,0	18,0	18,0		
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	1.921,0	1.931,0	1.860,0		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	1.921,0	1.931,0	1.860,0		

Observaciones: Mezcla asfáltica con 1.5 hora a 140°C



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

UMA (26/35)
cfc/lca/npf
O.S. N° 157



DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla :

	Mezcla asfáltica con 1.5 hora de curado a 140°C					
- Nº de golpes por cara	:					
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,9	6,1		6,3	
- Peso Especifico bulk, g/cm ³	:	2,404	2,408		2,412	
- Vacíos, %	:	2,4	2,1		1,6	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	82,0	85,3		88,2	
- V.M.A., %	:	15,2	15,2		15,3	
- Estabilidad, lb (Kg)	:	2095,0 (951)	2095,0 (951)		2068,0 (939)	
- Flujo (10 ⁻² pulg), mm	:	14,9 (3,8)	15,5 (3,9)		16,2 (4,1)	
- Absorción de Asfalto, %	:		0,7			
- Relación Estabilidad / Flujo, lb/pulg (Kg/cm)	:	140,6 (2513)	135,2 (2416)		127,7 (2282)	
- Estabilidad Retenida, %	:		-,-			
- Índice de Compactabilidad	:		6,4			
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		140,0			

Proporciones de mezcla :

(1) Piedra chancada de 1/2", % **	:	10,0
(2) Piedra chancada de 3/8", % **	:	30,0
(3) Arena Combinada, % **	:	59,0
(4) Cal Hidratada, % **	:	1,0

Materiales :

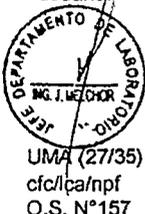
- Tipo de Asfalto	:	Cemento Asfáltico PEN 120/150 - Refinería Conchán.
- Agregados:	:	Piedra Chancada de 1/2", Cantera "Canchayocc"
Procedencia	:	Piedra Chancada de 3/8", Cantera "Canchayocc"
	:	Arena combinada de las Canteras "Yanahuara - Canchayocc"
Cal Hidratada	:	Sin identificación

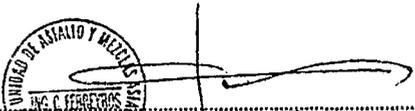
Nota :

- (*) Porcentaje en peso de la mezcla total.
(**) Porcentaje en peso de los agregados.

Observaciones :

- (*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.
- Muestras de agregados, cemento asfáltico y cal hidratada, proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



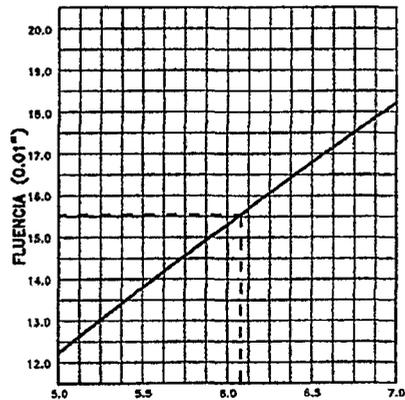
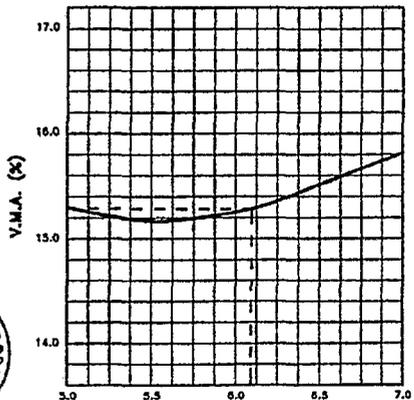
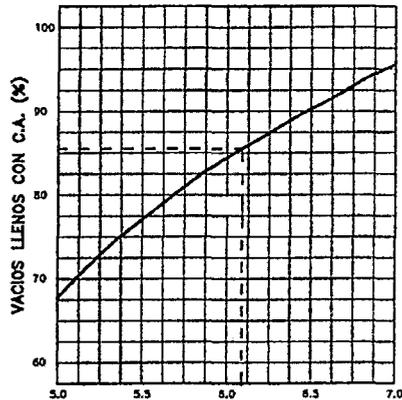
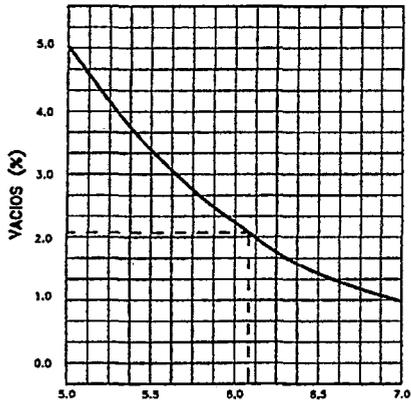
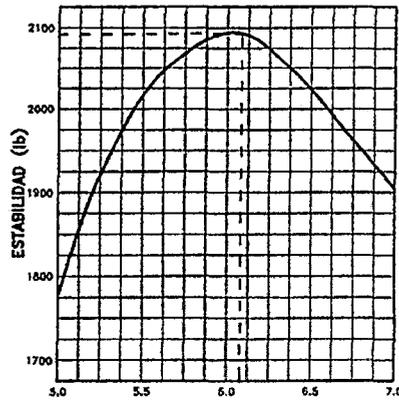
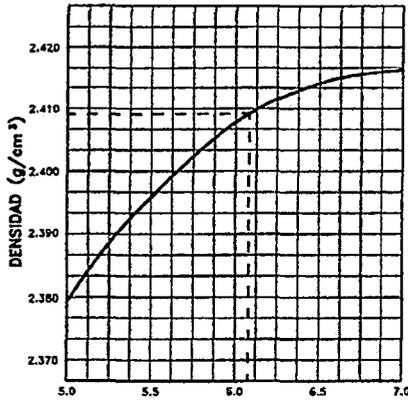

 INGENIERO JEFE DE UNIDAD
 Lima, 18 de Agosto del 2007



**DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167-2007-MTC/14.01**

SOLICITANTE : BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA : Agregados
DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz "L" Lote 5 - S.M.P	
PROYECTO : Tests: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN : La que se indica
	CANTIDAD : 400 kg y 14 kg
REFERENCIA : REC N° 061-2007-FPL-501-G	PRESENTACIÓN : Sacos y envase de metal
FECHA DE RECEP. : 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO : Del 06.08.07 al 13.08.06

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL



Nota : Diseño aplicando 1.5 hora de curado

UMA (28/35)
cfc/lca/npf/eva.
O.S. N° 157

CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL (%)



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE : BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto MUESTRA : Agregados, Pen 120/150 y
 DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP : Cal
 PROYECTO : Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes" IDENTIFICACIÓN : La que se indica
 REFERENCIA : REC N° 061-2007-FPL-501-G CANTIDAD : 239 kg, 14 gls y 30 kg.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 09.07.2007 PRESENTACIÓN : Sacos y envases metálicos
 FECHA DE ENSAYO : Del 06.08.07 al 13.08.07

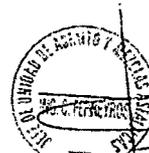
ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	1A			1B			1C			2A			2B			2C								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3						
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL																		5,0			5,5		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA																		38,00			37,80		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA																		56,05			55,76		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA																		0,95			0,94		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE																		1,014			1,014		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")																		2,722			2,722		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK																		2,641			2,641		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE																		2,273			2,273		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)																		6,2	6,3	6,3	6,1	6,4	6,3
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)																		1.210,4	1.214,2	1.210,9	1.214,2	1.214,8	1.217,0
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)																		1.218,1	1.222,2	1.219,1	1.222,5	1.223,4	1.225,7
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)																		701,8	702,9	699,5	706,0	705,9	707,8
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm³)																		516,3	519,3	519,6	516,5	517,5	517,9
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)																		7,7	8,0	8,2	8,3	8,6	8,7
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm³)																		8,8	9,1	9,4	9,5	9,8	9,9
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm³)																		507,5	510,2	510,2	507,0	507,7	508,0
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³)																		2,385	2,380	2,373	2,395	2,393	2,396
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041																		2,510			2,488		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)																		5,0	5,2	5,5	3,7	3,8	3,7
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)																		2,668			2,668		
21	V.M.A. (%)																		15,1	15,3	15,5	15,2	15,2	15,1
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)																		67,0	66,1	64,8	75,4	74,9	75,5
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL																		2,721			2,718		
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL																		0,7			0,7		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)																		4,3			4,8		
26	FLUJO (0,01 Pulgada)																		12,0	12,0	11,0	13,0	12,0	13,0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)																		1.839,0	1.880,0	1.809,0	1.931,0	1.952,0	1.921,0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD																		1,04	1,00	1,00	1,04	1,04	1,04
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)																		1.913,0	1.880,0	1.809,0	2.008,0	2.030,0	1.998,0

Observaciones: Mezcla asfáltica con 2.0 hora a 140°C



UMA (29/35)
cfc/lca/npf
O.S. N° 157



ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE : BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA : Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Mguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP	: Cal
PROYECTO : Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN : La que se indica
REFERENCIA : REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD : 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN : 09.07.2007	PRESENTACIÓN : Sacos y envases metálicos
	FECHA DE ENSAYO : Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,00			6,50		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,60			37,40		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55,46			55,17		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,94			0,93		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,014			1,014		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,722			2,722		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,641			2,641		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,273			2,273		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,4	6,3	6,2	6,3	6,4	6,4
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.227,3	1.226,1	1.226,8	1.237,3	1.234,9	1.237,5
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.235,4	1.235,3	1.234,7	1.247,7	1.244,0	1.244,7
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	715,8	712,9	715,0	722,2	722,9	721,9
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	519,6	522,4	519,7	525,5	521,1	522,8
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	8,1	9,2	7,9	10,4	9,1	7,2
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	9,3	10,5	9,0	11,9	10,4	8,2
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	510,3	511,9	510,7	513,6	510,7	514,6
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2,405	2,395	2,402	2,409	2,418	2,405
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,462			2,441		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	2,3	2,7	2,4	1,3	0,9	1,5
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2,668			2,668		
21 V.M.A.	15,3	15,6	15,4	15,6	15,3	15,7
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	84,8	82,6	84,2	91,6	93,9	90,6
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,709			2,706		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0,6			0,5		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5,5			6,0		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	14,0	15,0	15,0	16,0	16,0	17,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	2.075,0	2.106,0	2.013,0	1.942,0	1.942,0	1.921,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	2.075,0	2.106,0	2.013,0	1.942,0	1.942,0	1.921,0

Observaciones: Mezcla asfáltica con 2.0 hora a 140°C



UMA (30/35)
cfc/lca/npf
O.S. N° 157



ING. JEFES DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE : BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto MUESTRA : Agregados, Pen 120/150 y
 DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP : Cal
 PROYECTO : Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes" IDENTIFICACIÓN : La que se indica
 REFERENCIA : REC N° 061-2007-FPL-501-G CANTIDAD : 239 kg, 14 gls y 30 kg.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 09.07.2007 PRESENTACIÓN : Sacos y envases metálicos
 FECHA DE ENSAYO : Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C		
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	7,00				
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,20				
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	54,87				
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0,93				
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,014				
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,722				
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,641				
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2,273				
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,2	6,4	6,4		
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1.238,8	1.233,2	1.237,7		
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1.245,3	1.239,7	1.244,7		
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	723,8	718,1	719,3		
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	521,5	521,6	525,4		
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	6,5	6,5	7,0		
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)	7,4	7,4	8,0		
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	514,1	514,2	517,4		
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2,410	2,398	2,392		
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,422				
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	0,5	1,0	1,2		
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)	2,668				
21 V.M.A.	16,0	16,4	16,6		
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	96,9	94,0	92,5		
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,705				
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0,5				
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6,5				
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	17,0	18,0	18,0		
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	1.890,0	1.850,0	1.921,0		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00		
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	1.890,0	1.850,0	1.921,0		

Observaciones: Mezcla asfáltica con 2.0 hora a 140°C



UMA (31/35)
cfc/lca/npf
O.S. N° 157




 ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 18 de Agosto del 2007

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados, Pen 120/150 y
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - SMP		: Cal
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases metálicos
		FECHA DE ENSAYO	: Del 06.08.07 al 13.08.07

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla :**Mezcla asfáltica con 2.0 hora de curado a 140°C**

- N° de golpes por cara	:								
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,8		6,0				6,2	
- Peso Específico bulk, g/cm ³	:	2,430		2,461				2,485	
- Vacíos, %	:	3,1		2,9				2,5	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	78,4		81,4				83,5	
- V.M.A., %	:	15,3		15,4				15,5	
- Estabilidad, lb (Kg)	:	2042,0	(927)	2065,0	(937)	2030,0	(922)		
- Flujo (10 ⁻² pulg), mm	:	14,1	(3,6)	14,7	(3,7)	15,1	(3,8)		
- Absorción de Asfalto, %	:			0,8					
- Relación Estabilidad / Flujo, lb/pulg (Kg/cm)	:	144,8	(2588)	140,5	(2510)	134,4	(2404)		
- Estabilidad Retenida, %	:			--					
- Índice de Compactabilidad	:			5,8					
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			140,0					

Proporciones de mezcla :

(1) Piedra chancada de 1/2", % **	:	10,0
(2) Piedra chancada de 3/8", % **	:	30,0
(3) Arena Combinada, % **	:	59,0
(4) Cal Hidratada, % **	:	1,0

Materiales :

- Tipo de Asfalto	:	Cemento Asfáltico PEN 120/150 - Refinería Conchán.
- Agregados:	:	Piedra Chancada de 1/2", Cantera "Canchayoc"
Procedencia	:	Piedra Chancada de 3/8", Cantera "Canchayoc"
	:	Arena combinada de las Canteras "Yanahuara - Canchayoc"

Cal Hidratada : Sin identificación

Nota :

- (*) Porcentaje en peso de la mezcla total.
(**) Porcentaje en peso de los agregados.

Observaciones :

- (*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.
- Muestras de agregados, cemento asfáltico y cal hidratada, proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10/07/2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



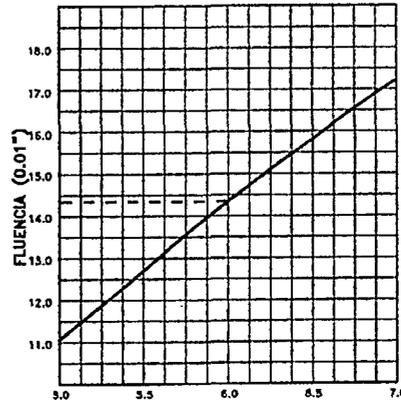
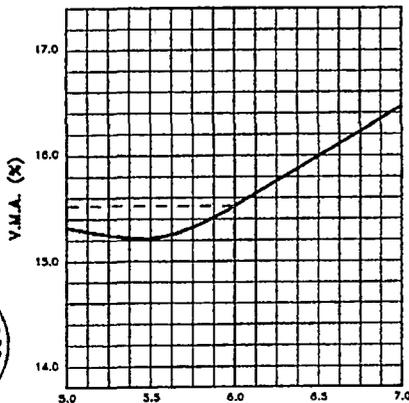
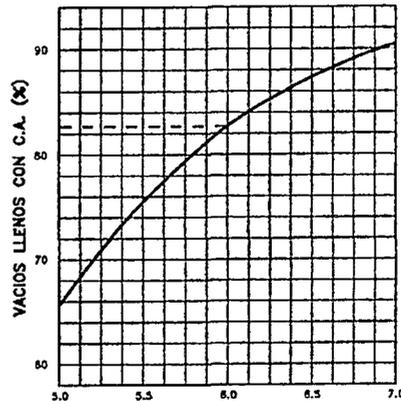
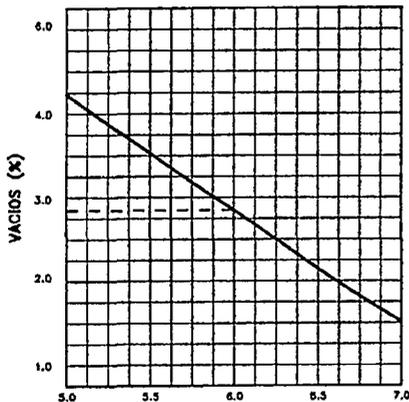
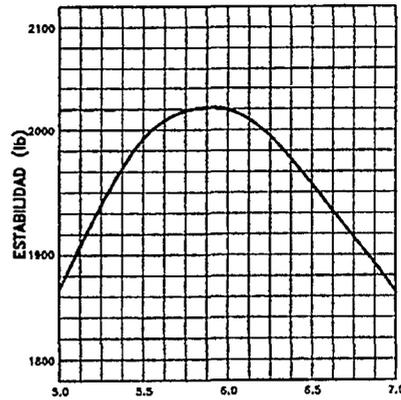
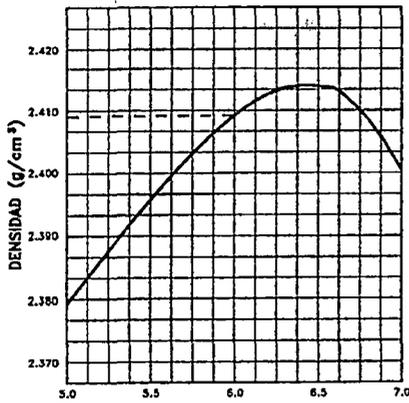
ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de Agosto del 2007



**DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO
INFORME DE ENSAYO N° 167-2007-MTC/14.01**

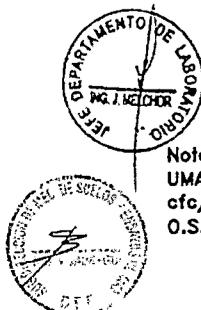
SOLICITANTE : BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA : Agregados
DOMICILIO LEGAL : Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz "L" Lote 5 - S.M.P	
PROYECTO : Tesis: "Evaluación de Mezclas Asfálticas de tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes"	IDENTIFICACIÓN : La que se indica
	CANTIDAD : 400 kg y 14 kg
REFERENCIA : REC N° 061-2007-FPL-501-G	PRESENTACION : Sacos y envase de metal
FECHA DE RECEP. : 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO: Del 06.08.07 al 13.08.06

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL



Nota : Diseño aplicando 2.0 horas de curado
 UMA (33/35)
 cfc/lca/npf/eva. CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL (%)
 O.S. N° 157

ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 18 de Agosto del 2007



**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados , Pen 120-150 y Cal
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes":	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gls y 30 kg.
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G.	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases plásticos.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	FECHA DE ENSAYO	: Del 21.08.07 al 22.08.07

ASTM D 3625 - 96* STANDARD PRACTICE FOR EFFECT OF WATER ON BITUMINOUS - COATED AGGREGATE USING BOILING WATER

Dosificación de la Mezcla

Piedra Chancada de 1/2": 10% Cantera "Canchayocc"

Piedra Chancada de 3/8": 30% Cantera "Canchayocc"

Arena Combinada : 59% Canteras "Yanahuara - Canchayocc"

Cal Hidratada : 01%

Cemento asfáltico : 06% Pen 120/150 - Refinería Conchán

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	TIEMPO DE CURADO A 140°C (Horas)	RECUBRIMIENTO (%)
Mezcla asfáltica Convencional	--	50 - 60

Observaciones:

(*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.

- Muestra de agregados, cemento asfáltico y cal hidratada; proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 23 de Agosto del 2007

UMA (34/35)
cfc/lca.
O.S. N°157

**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 167 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. Juanita Elizabeth Llanos Agurto	MUESTRA	: Agregados , Pen 120-150 y Cal
DOMICILIO LEGAL	: Asociación de Vivienda Miguel Grau Mz. "L" Lote 5 - S.M.P.		
PROYECTO	: Tesis: "Evaluación de Mezclas asfálticas de Tipo Superior con el empleo de agregados altamente absorbentes";	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
REFERENCIA	: REC N° 061-2007-FPL-501-G.	CANTIDAD	: 239 kg, 14 gts y 30 kg.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09.07.2007	PRESENTACIÓN	: Sacos y envases plásticos.
		FECHA DE ENSAYO	: Del 21.08.07 al 22.08.07

ASTM D 3625 - 96* STANDARD PRACTICE FOR EFFECT OF WATER ON BITUMINOUS - COATED AGGREGATE USING BOILING WATER

Dosificación de la Mezcla

Piedra Chancada de 1/2": 10% Cantera "Canchayocc"

Piedra Chancada de 3/8": 30% Cantera "Canchayocc"

Arena Combinada : 59% Canteras "Yanahuara - Canchayocc"

Cal Hidratada : 01%

Cemento asfáltico : 06% Pen 120/150 - Refinería Conchán

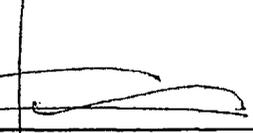
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	TIEMPO DE CURADO A 140°C (Horas)	RECUBRIMIENTO (%)
Mezcla asfáltica Convencional	2.0	90 - 100

Observaciones:

(*) Publicado en Annual Book of ASTM Standards 2005.

- Muestra de agregados, cemento asfáltico y cal hidratada; proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 10.07.2007.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




 ING. JEFE DE UNIDAD
 Lima, 23 de Agosto del 2007

UMA (35/35)
cfc/lca.
O.S. N°157

Anexos 05.02

Ensayos de Mezclas Asfálticas con Agregados de Arequipa



Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Oficina de Apoyo Tecnológico

OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto

TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"

MEZCLA ASFALTICA : Convencional

Fecha de Ensayo : Octubre 2006

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
MTC E 504 (2000) / ASTM D-1559 (1989)

Nº DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			5.5		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	42.75			42.53		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.25			51.97		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.014			1.014		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.361			2.361		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.600			2.600		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	7.06	6.98	7.00	6.87	6.82	6.90
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,210.0	1,213.1	1,213.0	1,218.8	1,219.4	1,219.0
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,219.7	1,222.6	1,222.8	1,228.2	1,227.9	1,228.7
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	661.8	665.3	665.4	669.4	670.2	671.4
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	557.9	557.3	557.4	558.8	557.7	557.3
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	9.7	9.5	9.8	9.4	8.5	9.7
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)	11.1	10.9	11.2	10.7	9.7	11.1
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	546.8	546.4	546.2	548.1	548.0	546.2
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2.213	2.220	2.221	2.224	2.225	2.232
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.350			2.331		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	5.8	5.5	5.5	4.6	4.6	4.3
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)	2.487			2.487		
21 V.M.A. (%)	15.5	15.2	15.2	15.5	15.5	15.2
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	62.4	63.6	63.9	70.4	70.6	72.0
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.525			2.522		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.6			0.6		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.4			5.0		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	12.0	13.0	12.0	13.0	13.0	13.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (1b)	3,028.0	2,838.0	2,900.0	3,010.0	3,014.0	3,007.5
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.93	0.93	0.89	0.89	0.93
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (1b)	2,695.0	2,639.0	2,697.0	2,679.0	2,682.0	2,797.0





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Oficina de Apoyo Tecnológico

OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto

TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"

MEZCLA ASFALTICA : Convencional

Fecha de Ensayo: : Octubre 2006

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
MTC E 504 (2000) / ASTM D-1559 (1989)

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			6.00		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			42.30		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			51.70		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			--		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1.014		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")			2.361		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK			2.600		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE			--		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.91	6.98	7.00	6.86	6.90
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,228.7	1,225.8	1,229.5	1,233.8	1,234.0
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,238.7	1,235.8	1,238.7	1,242.3	1,243.7
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	678.2	677.0	677.1	684.2	683.1
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	560.5	558.8	561.6	558.1	560.9
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	10.0	10.0	9.2	8.5	8.9
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)	11.4	11.4	10.5	9.7	10.2
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	549.1	547.4	551.1	548.4	550.7
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2.238	2.239	2.231	2.250	2.249
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.310			2.291	
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	3.1	3.1	3.4	1.8	2.1
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)	2.487			2.487	
21	V.M.A.	15.4	15.4	15.7	15.4	15.7
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	79.7	80.1	78.2	88.4	86.6
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.515			2.511	
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.5			0.4	
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5.6			6.1	
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	15.0	15.0	15.0	17.0	17.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (1b)	3,076.0	3,085.0	3,095.0	3,085.0	3,079.0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (1b)	2,738.0	2,746.0	2,755.0	2,746.0	2,757.0





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Oficina de Apoyo Tecnológico

OFICINA DE APOYO TECNOLÓGICO
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto

TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"

MEZCLA ASFALTICA : : Convencional

Fecha de Ensayo: : Octubre 2006

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
MTC E 504 (2000) / ASTM D-1559 (1989)

Nº DE BRIQUETAS	5A	5B	5C			
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			7.00		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			41.85		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			51.15		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			--		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1.014		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")			2.361		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK			2.600		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE			--		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.79	6.81	6.80		
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,239.7	1,238.3	1,238.6		
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,247.3	1,245.6	1,246.3		
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	684.5	685.0	683.2		
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	562.8	560.6	563.1		
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	7.6	7.3	7.7		
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)	8.7	8.3	8.8		
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	554.1	552.3	554.3		
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2.237	2.242	2.235		
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.272				
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	1.5	1.3	1.6		
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)	2.487				
21	V.M.A.	16.3	16.2	16.4		
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	90.6	91.9	90.1		
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.506				
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.3				
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6.7				
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	20.0	19.0	19.0		
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (1b)	3,085.0	3,079.5	3,042.5		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (1b)	2,746.0	2,741.0	2,708.0		





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : : con 2 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

Nº DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			5.5		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> Nº 4) EN PESO DE LA ME	42.75			42.53		
3 % DE AGREGADO FINO (< Nº 4) EN PESO DE LA MEZC	52.25			51.97		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA Nº 200) EN PESO D	--			--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APAREN	1.014			1.014		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENO	2.361			2.361		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.600			2.600		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	7.11	7.15	7.18	7.16	7.15	7.16
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,211.8	1,213.5	1,209.1	1,220.4	1,217.9	1,219.9
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.	1,226.3	1,230.8	1,221.4	1,236.3	1,234.1	1,236.5
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.	656.4	657.5	655.3	664.2	665.4	667.9
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	569.9	573.3	566.1	572.1	568.7	568.6
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	14.5	17.3	12.3	15.9	16.2	16.6
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. P	16.6	19.8	14.1	18.2	18.5	19.0
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	553.3	553.5	552.0	553.9	550.2	549.6
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2.190	2.192	2.190	2.203	2.214	2.219
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.386			2.368		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	8.2	8.1	8.2	7.0	6.5	6.3
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./	2.487			2.487		
21 V.M.A. (%)	16.3	16.3	16.3	16.3	15.9	15.7
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	49.6	50.1	49.6	57.2	59.1	59.9
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.569			2.568		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.3			1.3		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3.8			4.3		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	9.0	10.0	11.0	12.0	12.0	13.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (1b)	2,208.0	2,362.0	2,526.0	2,628.0	2,659.0	2,700.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (1b)	1,965.0	2,102.0	2,248.0	2,339.0	2,367.0	2,403.0





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : con 2 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

N° DE BRIQUETAS	3A			3B			3C			4A			4B			4C		
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL						6.0						6.5					
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA						42.30						42.08					
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA						51.70						51.42					
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA						--						--					
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASPÁLTICO - APARENTE						1.014						1.014					
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")						2.361						2.361					
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK						2.600						2.600					
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE						--						--					
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)						6.73		7.03		7.06		6.96		6.83		6.72	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)						1,225.7		1,225.7		1,227.5		1,233.6		1,230.8		1,232.0	
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)						1,236.2		1,239.6		1,238.5		1,243.2		1,240.9		1,241.0	
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)						675.1		674.6		675.6		683.7		680.0		681.5	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)						561.1		565.0		562.9		559.5		560.9		559.5	
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)						10.5		13.9		11.0		9.6		10.1		9.0	
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)						12.0		15.9		12.6		11.0		11.5		10.3	
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)						549.1		549.1		550.3		548.5		549.4		549.2	
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)						2.232		2.232		2.230		2.249		2.240		2.243	
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041						2.352						2.335					
19	PORCENTAJE DE VACÍOS						5.1		5.1		5.2		3.7		4.1		3.9	
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)						2.487						2.487					
21	V.M.A.						15.6		15.6		15.7		15.4		15.8		15.7	
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.						67.3		67.3		66.9		76.1		74.2		74.9	
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL						2.568						2.568					
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL						1.3						1.3					
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO						4.8						5.3					
26	FLUJO (0.01 Pulgada)						13.0		13.0		14.0		14.0		15.0		15.0	
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)						2,854.0		2,987.0		2,956.0		3,017.0		3,161.0		3,222.0	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD						0.89		0.89		0.89		0.89		0.89		0.89	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)						2,540.0		2,658.0		2,631.0		2,685.0		2,813.0		2,868.0	





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : con 2 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

Nº DE BRIQUETAS	5A	5B	5C			
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			7.0		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			41.85		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			51.15		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			--		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1.014		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")			2.361		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK			2.600		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE			--		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.77	6.83	6.89		
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,239.1	1,235.6	1,236.3		
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,245.6	1,242.3	1,242.7		
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	688.4	687.4	688.8		
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	557.2	554.9	553.9		
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	6.5	6.7	6.4		
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)	7.4	7.7	7.3		
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	549.8	547.2	546.6		
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2.254	2.258	2.262		
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.325				
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	3.1	2.9	2.7		
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)	2.487				
21	V.M.A.	15.7	15.6	15.4		
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	80.6	81.5	82.4		
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.576				
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.4				
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5.7				
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	16.0	16.0	17.0		
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (1b)	2,895.0	2,843.0	3,038.0		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.83		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (1b)	2,577.0	2,530.0	2,522.0		





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto

TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"

FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

MEZCLA ASFALTICA : con 2.5 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

Nº DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			5.5		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> Nº 4) EN PESO DE LA MEZCLA	42.75			42.53		
3 % DE AGREGADO FINO (< Nº 4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.25			51.97		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA Nº 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.014			1.014		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENDR 1")	2.361			2.361		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.600			2.600		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.88	6.92	7.09	7.12	6.92	7.14
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,216.0	1,213.6	1,217.2	1,223.0	1,223.8	1,223.9
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,230.0	1,226.8	1,231.3	1,239.6	1,237.3	1,239.3
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	659.5	656.4	659.9	668.1	670.3	668.1
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	570.5	570.4	571.4	571.5	567.0	571.2
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	14.0	13.2	14.1	16.6	13.5	15.4
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	16.0	15.1	16.1	19.0	15.4	17.6
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	554.5	555.3	555.3	552.5	551.6	553.6
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2.193	2.185	2.192	2.213	2.219	2.211
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.392			2.369		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	8.3	8.7	8.4	6.6	6.3	6.7
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2.487			2.487		
21 V.M.A. (%)	16.2	16.5	16.3	15.9	15.7	16.0
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	48.6	47.6	48.7	58.6	59.7	58.3
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.576			2.569		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.4			1.3		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3.7			4.3		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	10.0	11.0	11.0	12.0	12.0	11.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	2,751.0	2,649.0	2,679.0	2,956.0	2,854.0	2,905.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	2,448.0	2,358.0	2,384.0	2,631.0	2,540.0	2,585.0





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : : con 2.5 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

N° DE BRIQUETAS	3A			3B			3C			4A			4B			4C		
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL						6.0						6.5					
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA						42.30						42.08					
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA ME						51.70						51.42					
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO						--						--					
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APAR						1.014						1.014					
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (ME						2.361						2.361					
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK						2.600						2.600					
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE						--						--					
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)						7.15		6.97		6.99		6.91		7.08		6.99	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)						1,232.1		1,224.8		1,232.9		1,233.7		1,232.9		1,230.0	
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (g						1,242.9		1,237.0		1,242.8		1,241.9		1,249.4		1,239.6	
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (g						675.4		672.5		679.2		681.8		682.7		682.2	
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)						567.5		564.5		563.6		560.1		566.7		557.4	
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)						10.8		12.2		9.9		8.2		16.5		9.6	
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E						12.3		13.9		11.3		9.4		18.9		11.0	
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)						555.2		550.6		552.3		550.7		547.8		546.4	
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm						2.219		2.225		2.232		2.240		2.250		2.251	
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041						2.361						2.336					
19	PORCENTAJE DE VACÍOS						6.0		5.8		5.5		4.1		3.7		3.6	
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr						2.487						2.487					
21	V.H.A.						16.1		15.9		15.6		15.8		15.4		15.4	
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.						62.7		63.8		65.0		74.0		76.1		76.4	
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL						2.580						2.569					
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL						1.5						1.3					
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO						4.6						5.3					
26	FLUJO (0.01 Pulgada)						13.0		13.0		14.0		14.0		15.0		15.0	
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (1b)						3,007.0		3,058.0		3,058.0		3,468.0		3,519.0		3,519.0	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD						0.89		0.89		0.89		0.89		0.89		0.89	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (1b)						2,676.0		2,722.0		2,722.0		3,087.0		3,132.0		3,132.0	





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Aguirre
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : con 2.5 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

Nº DE BRIQUETAS	5A	5B	5C			
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			7.0		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			41.85		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			51.15		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			-		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1.014		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")			2.361		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK			2.600		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE			-		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.87	6.95	6.99		
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,240.2	1,239.0	1,238.1		
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,247.8	1,247.7	1,247.2		
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	690.9	689.5	687.6		
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	556.9	558.2	559.6		
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	7.6	8.7	9.1		
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)	8.7	9.9	10.4		
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	548.2	548.3	549.2		
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2.262	2.260	2.254		
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.329				
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	2.9	3.0	3.2		
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)	2.487				
21	V.M.A.	15.4	15.5	15.7		
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	81.3	80.9	79.5		
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.581				
24	ASPALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.5				
25	PORCENTAJE DE ASPALTO EFECTIVO	5.6				
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	17.0	17.0	19.0		
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (1b)	3,366.0	3,161.0	3,356.0		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (1b)	2,996.0	2,813.0	2,987.0		





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : : con 3.0 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

	Nº DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			5.5		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	42.75			42.53		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.25			51.97		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.014			1.014		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.361			2.361		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.600			2.600		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	7.05	6.96	6.23	6.12	7.21	7.19
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,215.5	1,214.3	1,213.5	1,220.7	1,221.2	1,222.6
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,231.2	1,228.3	1,229.0	1,235.7	1,236.4	1,236.1
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	659.0	656.5	660.5	667.7	666.4	670.1
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	572.2	571.8	568.5	568.0	570.0	566.0
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	15.7	14.0	15.5	15.0	15.2	13.5
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	17.9	16.0	17.7	17.1	17.4	15.4
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	554.3	555.8	550.8	550.9	552.6	550.6
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2.193	2.185	2.203	2.216	2.210	2.221
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.393			2.371		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	8.4	8.7	7.9	6.5	6.8	6.3
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2.487			2.487		
21	V.M.A. (%)	16.2	16.5	15.8	15.8	16.0	15.6
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	48.4	47.3	49.7	58.6	57.6	59.4
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.577			2.571		
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.4			1.3		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3.6			4.2		
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	11.0	12.0	12.0	13.0	13.0	12.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	2,290.0	2,444.0	2,444.0	2,597.0	2,526.0	2,536.0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	2,038.0	2,175.0	2,175.0	2,311.0	2,248.0	2,257.0





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : : con 3.0 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

Nº DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.0			6.5		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	42.30			42.08		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	51.70			51.42		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.014			1.014		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.361			2.361		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.600			2.600		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.96	6.83	6.97	6.85	6.81	6.97
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,231.0	1,226.8	1,225.5	1,237.8	1,236.6	1,236.5
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,240.8	1,236.4	1,235.9	1,246.7	1,246.3	1,245.7
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	677.1	676.6	679.7	688.9	688.3	687.9
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	563.7	559.8	556.2	557.8	558.0	557.8
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	9.8	9.6	10.4	8.9	9.7	9.2
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)	11.2	11.0	11.9	10.2	11.1	10.5
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	552.5	548.8	544.3	547.6	546.9	547.3
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2.228	2.235	2.251	2.260	2.261	2.259
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.362			2.337		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	5.7	5.4	4.7	4.3	4.3	4.4
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)	2.487			2.487		
21 V.M.A.	15.8	15.5	14.9	15.0	15.0	15.1
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	64.1	65.3	68.5	71.2	71.5	71.1
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.581			2.570		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.5			1.3		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	4.6			5.3		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	14.0	14.0	14.0	15.0	15.0	16.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	3,033.0	2,905.0	2,925.0	3,315.0	3,315.0	3,212.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.83	0.89	0.89	0.89
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	2,699.0	2,585.0	2,428.0	2,950.0	2,950.0	2,859.0





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTÉ INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : : con 3.0 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

Nº DE BRIQUETAS	5A	5B	5C			
1	1 DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			7.0		
2	1 DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			41.85		
3	1 DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			51.15		
4	1 DE FILLER (MÍNIMO 651 PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			--		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1.014		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MEXOR 1")			2.361		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK			2.600		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE			--		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	7.00	6.98	7.03		
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,242.6	1,243.2	1,240.0		
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,250.5	1,250.8	1,248.5		
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	689.2	693.3	690.2		
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	561.3	557.5	558.3		
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	7.9	7.6	8.5		
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)	9.0	8.7	9.7		
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	552.3	548.8	548.6		
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2.250	2.265	2.260		
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.331				
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	3.5	2.8	3.1		
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)	2.487				
21	V.M.A.	15.9	15.3	15.5		
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	78.2	81.5	80.3		
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.584				
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.5				
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5.6				
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	17.0	17.0	18.0		
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (1b)	2,946.0	2,956.0	2,864.0		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (1b)	2,622.0	2,631.0	2,549.0		





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : con 3.5 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			5.5		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	42.75			42.53		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.25			51.97		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	-			-		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.014			1.014		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.361			2.361		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.600			2.600		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	-			-		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	7.23	6.85	6.82	7.32	7.19	7.16
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,213.8	1,216.5	1,215.8	1,224.3	1,224.2	1,221.7
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,230.9	1,228.8	1,232.6	1,243.5	1,243.5	1,238.9
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	658.2	658.8	660.0	667.2	667.5	666.6
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	572.7	570.0	572.6	576.3	576.0	572.3
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	17.1	12.3	16.8	19.2	19.3	17.2
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)	19.5	14.1	19.2	21.9	22.1	19.7
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	553.2	555.9	553.4	554.4	553.9	552.6
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2.194	2.188	2.197	2.208	2.210	2.211
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.394			2.373		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	8.4	8.6	8.2	7.0	6.9	6.8
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)	2.487			2.487		
21 V.M.A. (%)	16.2	16.4	16.1	16.1	16.0	16.0
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	48.5	47.6	48.9	56.8	57.1	57.3
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.579			2.574		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.5			1.4		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3.6			4.2		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	9.0	10.0	10.0	11.0	12.0	12.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	2,136.0	2,147.0	2,239.0	2,341.0	2,382.0	2,597.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	1,901.0	1,911.0	1,993.0	2,083.0	2,119.0	2,311.0





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : : con 3.5 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C	
1	‡ DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			6.0			
2	‡ DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			42.30			
3	‡ DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			51.70			
4	‡ DE FILLER (MÍNIMO 65‡ PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			--			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1.014			
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")			2.361			
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK			2.600			
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE			--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	7.09	7.05	6.95	7.17	7.00	7.14
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,227.1	1,231.5	1,234.9	1,226.2	1,235.3	1,236.7
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,239.9	1,246.8	1,245.4	1,240.2	1,245.4	1,249.9
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	677.2	676.8	677.4	678.5	682.9	685.4
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	562.7	570.0	568.0	561.7	562.5	564.5
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	12.8	15.3	10.5	14.0	10.1	13.2
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	14.6	17.5	12.0	16.0	11.5	15.1
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	548.1	552.5	556.0	545.7	551.0	549.4
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2.239	2.229	2.221	2.247	2.242	2.251
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.363			2.342		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	5.3	5.7	6.0	4.1	4.3	3.9
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2.487			2.487		
21	V.M.A.	15.4	15.8	16.1	15.5	15.7	15.4
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	65.9	64.1	62.7	73.8	72.8	74.7
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.582			2.577		
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.5			1.4		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	4.6			5.2		
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	13.0	13.0	12.0	14.0	14.0	15.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	2,802.0	2,751.0	2,905.0	3,079.0	3,171.0	3,263.0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89	0.86	0.89	0.89
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	2,494.0	2,448.0	2,585.0	2,648.0	2,822.0	2,904.0





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto

TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"

FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

MEZCLA ASFALTICA : : con 4.0 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C		
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		5.0	5.5				
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		42.75	42.53				
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		52.25	51.97				
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		--	--				
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1.014	1.014				
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")		2.361	2.361				
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.600	2.600				
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE		--	--				
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)		7.08	7.05	7.31	7.03	7.07	7.15
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)		1,216.8	1,201.0	1,216.8	1,223.9	1,221.4	1,222.4
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)		1,230.5	1,216.5	1,236.4	1,235.6	1,238.1	1,236.2
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)		660.9	650.6	661.9	672.4	668.6	670.8
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)		569.6	565.9	574.5	563.2	569.5	565.4
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)		13.7	15.5	19.6	11.7	16.7	13.8
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)		15.7	17.7	22.4	13.4	19.1	15.8
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)		553.9	548.2	552.1	549.8	550.4	549.6
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)		2.197	2.191	2.204	2.226	2.219	2.224
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2.395			2.376		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)		8.3	8.5	8.0	6.3	6.6	6.4
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)		2.487			2.487		
21	V.M.A. (%)		16.1	16.3	15.8	15.4	15.7	15.5
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)		48.6	47.7	49.6	59.0	57.9	58.7
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.580			2.577		
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		1.5			1.4		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)		3.6			4.2		
26	FLUJO (0.01 Pulgada)		10.0	11.0	11.0	12.0	13.0	13.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)		2,491.0	2,492.0	2,506.0	2,444.0	2,854.0	2,854.0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)		2,217.0	2,218.0	2,230.0	2,175.0	2,540.0	2,540.0





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : : con 3.5 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C			
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			7.0		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			41.85		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA			51.15		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PARA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA			--		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1.014		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")			2.361		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK			2.600		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE			--		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.94	7.09	6.82		
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,242.6	1,240.5	1,242.0		
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,251.4	1,251.2	1,251.2		
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	692.3	689.9	691.3		
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm. ³)	559.1	561.3	559.9		
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	8.8	10.7	9.2		
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm. ³)	10.1	12.2	10.5		
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm. ³)	549.0	549.1	549.4		
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm. ³)	2.263	2.259	2.261		
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.332				
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	3.0	3.1	3.0		
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm. ³)	2.487				
21	V.M.A.	15.4	15.5	15.5		
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	80.8	79.8	80.4		
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.585				
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.5				
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5.6				
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	16.0	17.0	18.0		
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	2,802.0	2,761.0	2,976.0		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	2,494.0	2,457.0	2,649.0		





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : : con 4.0 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.0			6.5		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	42.30			42.08		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	51.70			51.42		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.014			1.014		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.361			2.361		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.600			2.600		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	7.23	7.00	7.07	7.06	6.69	7.14
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,226.9	1,231.5	1,230.0	1,236.0	1,234.3	1,237.3
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,243.4	1,241.9	1,240.9	1,246.8	1,244.5	1,248.8
12 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	676.0	680.1	678.2	683.2	685.3	687.7
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	567.4	561.8	562.7	563.6	559.2	561.1
14 PESO DE LA PARAFINA (gr.)	16.5	10.4	10.9	10.8	10.2	11.5
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	18.9	11.9	12.5	12.3	11.7	13.1
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	548.5	549.9	550.2	551.3	547.5	548.0
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2.237	2.239	2.235	2.242	2.254	2.258
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.364			2.347		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	5.4	5.3	5.5	4.5	4.0	3.8
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2.487			2.487		
21 V.M.A.	15.4	15.4	15.5	15.7	15.3	15.1
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	65.1	65.6	64.8	71.5	74.1	74.9
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.584			2.583		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.5			1.5		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	4.6			5.1		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	14.0	14.0	13.0	15.0	15.0	16.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	3,110.0	3,181.0	3,181.0	3,263.0	3,468.0	3,468.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	2,768.0	2,831.0	2,831.0	2,904.0	3,087.0	3,087.0





Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

REPORTE INTERNO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Juanita Elizabeth Llanos Agurto
TESIS : "Evaluación de Mezclas Asfálticas de Tipo Superior con empleo de agregados altamente absorbentes"
FUENTE : Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEZCLA ASFALTICA : : con 4.0 hr de Curado

Fecha de Ensayo : Octubre 2007

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL
ASTM D-6927 (2004)

Nº DE BRIQUETAS	5A	5B	5C			
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL			7.0		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> Nº 4) EN PESO DE LA MEZCLA			41.85		
3	% DE AGREGADO FINO (< Nº 4) EN PESO DE LA MEZCLA			51.15		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA Nº 200) EN PESO DE LA MEZCLA			--		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE			1.014		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")			2.361		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK			2.600		
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE			--		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.83	7.05	6.91		
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.)	1,243.0	1,239.5	1,242.9		
11	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AIRE (gr.)	1,251.7	1,252.1	1,252.7		
12	PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN EL AGUA (gr.)	695.0	689.7	694.1		
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (cm ³)	556.7	562.4	558.6		
14	PESO DE LA PARAFINA (gr.)	8.7	12.6	9.8		
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (PESO DE PARAF./P.E. PARAF.) (cm ³)	9.9	14.4	11.2		
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	546.8	548.0	547.4		
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm ³)	2.273	2.262	2.271		
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.334				
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	2.6	3.1	2.7		
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm ³)	2.487				
21	V.M.A.	15.0	15.4	15.1		
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	82.6	80.0	82.1		
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.588				
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.6				
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5.5				
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	17.0	18.0	18.0		
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (lb)	3,130.0	2,925.0	2,966.0		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	0.86	0.89	0.86		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (lb)	2,692.0	2,603.0	2,551.0		



Anexos 06

Normas ASTM – Método Marshall

Anexos 06.01

NORMA ASTM D 6926(04)

Designation: D 6926 – 04

Standard Practice for Preparation of Bituminous Specimens Using Marshall Apparatus¹

This standard is issued under the fixed designation D 6926; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This practice covers preparation and compaction of 102 mm (4 in.) diameter by nominal 64 mm (2.5 in.) high cylindrical bituminous paving mixture specimens by means of the original manual Marshall method and subsequent variations of the method. This practice is intended for use with laboratory and plant produced bituminous mixtures with aggregate up to 19 mm (3/4 in.) maximum size and for recompaction of asphalt pavement samples.

1.2 There are three types of Marshall compaction apparatus in use. The following types of hammer arrangements are included in this practice:

1.2.1 Manually held hammer handle attached to a flat compaction foot through a spring loaded swivel and is hand operated (original standard developed by the Corps of Engineers).

1.2.2 Hammer handle restrained laterally (fixed) but not mechanically attached to a flat compaction foot through a spring loaded swivel and is either mechanically or hand operated. There may or may not be a constant surcharge on top of the hammer handle. Mechanical hammers are available that operate at (1) nominal 55 blows per minute and (2) equal to or greater than 75 blows per minute.

1.2.3 Hammer handle restrained laterally (fixed) with constant surcharge on top of hammer, a slanted compaction foot, and a slanted mold base, and is mechanically operated.

1.3 Although the mass and height of mass drop for each apparatus are the same, density achieved in compacted specimens with the same number of blows will be different. It is up to the user to establish the specific required number of blows to be used for compaction of the specimen in relation to the field.

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

D 2171 Test Method for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer

D 2493 Viscosity-Temperature Chart for Asphalts

D 4402 Test Method for Viscosity Determinations of Asphalt at Elevated Temperature Using a Brookfield Thermoseal Apparatus

E 11 Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes

E 11 Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes

3. Significance and Use

3.1 Compacted bituminous mixture specimens molded by this procedure are used for various physical tests such as stability, flow, indirect tensile strength, fatigue, creep, and modulus. Density and voids analysis are also conducted on specimens for mixture design and evaluation of field compaction.

NOTE 1—Uncompacted mixtures are used for determination of theoretical maximum specific gravity.

4. Apparatus

4.1 *Specimen Mold Assembly*—Mold cylinders, base plates, and extension collars shall conform to the details shown in Fig. 1.

4.2 *Specimen Extractor*—The specimen extractor shall have a steel disk that will enter the mold without binding and not be less than 100 mm (3.95 in.) in diameter and 12.5 mm (1/2 in.) thick. The steel disk is used for extracting compacted specimens from molds with the use of the mold collar. Any suitable extraction device such as a hydraulic jack apparatus or a lever arm device may be used, provided the specimens are not deformed during the extraction process.

4.3 *Compaction Hammers:*

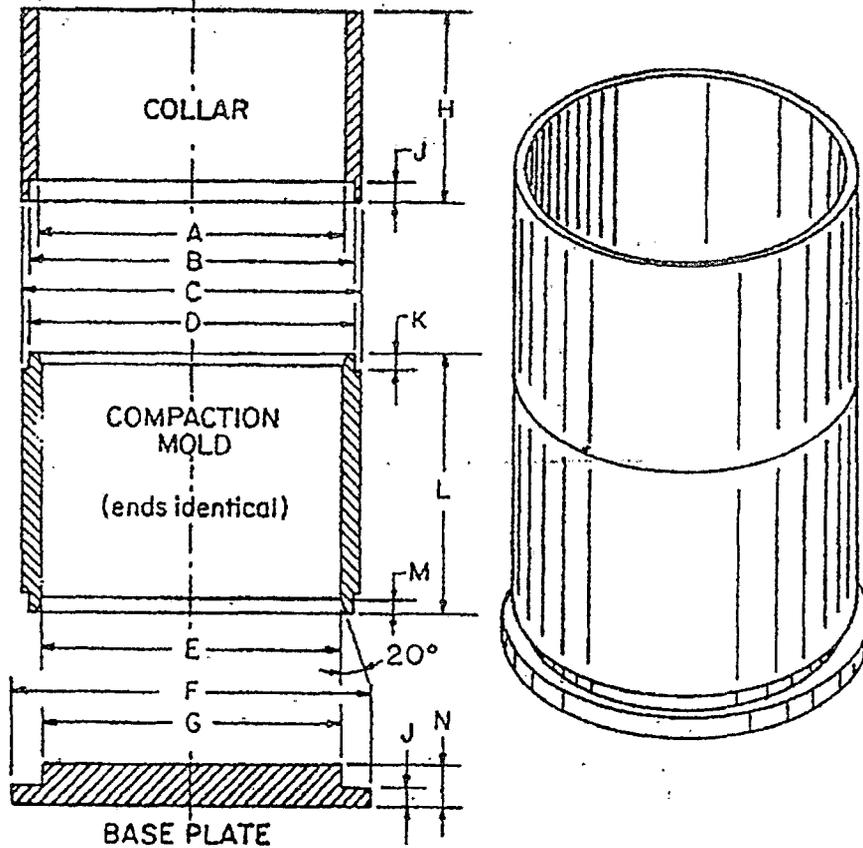
4.3.1 *Compaction Hammers with a Manually Held (Type 1) or Fixed (Type 2) Handle*, either mechanically or hand operated as generally shown in Fig. 2, shall have a flat, circular compaction foot with spring loaded swivel and a 4.54 ± 0.01 kg (10 ± 0.02 lb) sliding mass with a free fall of 457.2 ± 1.5 mm (18 ± 0.06 in.) (see Fig. 2 for hammer tolerances). A mechanical hammer is shown in Fig. 3.

NOTE 2—Manual compaction hammers should be equipped with a finger safety guard.

This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road and Building Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.20 on Tests of Bituminous Mixes.

Original approval Aug. 1, 2004. Published August 2004.

For approved ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.



	mm	in.
A	104.1 to 105.4	4.100 to 4.150
B	109.1 to 110.2	4.295 to 4.339
C	114.0 to 115.8	4.490 to 4.560
D	107.0 to 109.7	4.211 to 4.320
E	101.3 to 101.7	3.990 to 4.005
F	119.9 to 121.4	4.720 to 4.780
G	101.1 to 101.3	3.980 to 3.990
H	69.3 to 70.4	2.730 to 2.770
J	7.0 to 7.2	0.235 to 0.285
K	6.1 to 6.7	0.235 to 0.265
L	86.9 to 87.9	3.420 to 3.460
M	3.0 to 4.8	0.120 to 0.190
N	12.3 to 14.9	0.485 to 0.585

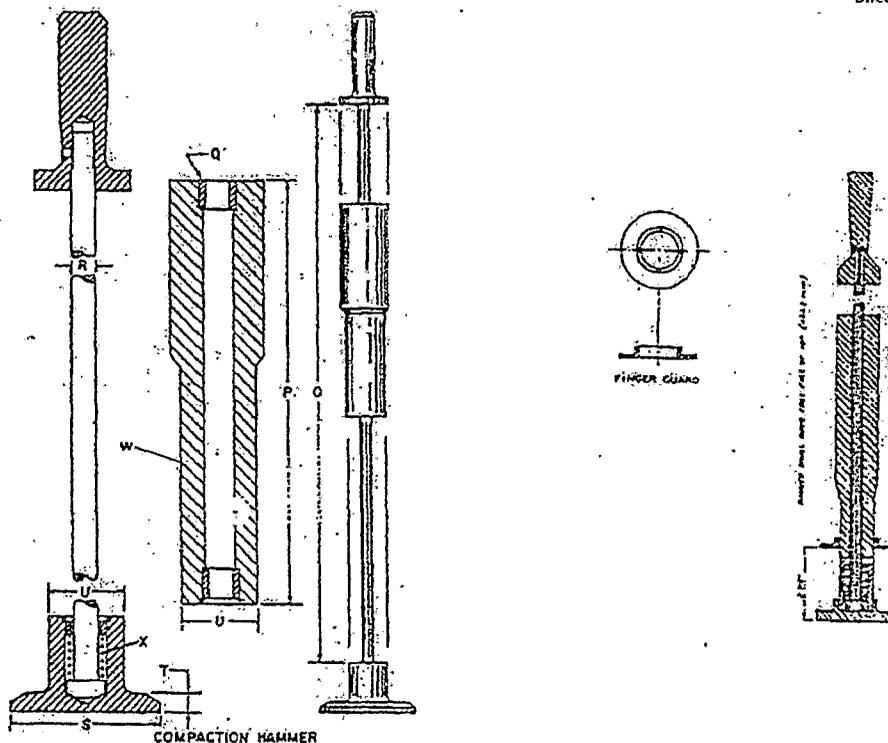
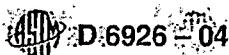
FIG. 1 Compaction Mold

4.3.2 *Compaction Hammers with a Fixed Hammer Handle*, surcharge on top of handle, constantly rotating base, and mechanically operated (Type 3) as generally shown in Fig. 4 shall have a slanted, circular tamping face and a 4.54 ± 0.01 kg (10 ± 0.02 lb) sliding weight with a free fall of 457.2 ± 1.5 mm (18 ± 0.06 in.) (see Fig. 2 and Fig. 4 for hammer and tamping face bevel angle and tolerances, respectively). A rotating mechanism is incorporated in the base. The base rotation rate and hammer blow rate shall be 18 to 30 rpm and 64 ± 4 blows per minute, respectively.

NOTE 3—Type 3 Marshall hammer apparatus are available in versions with more than one hammer. Multiple hammer operation will affect specimen density. Best comparative results will be obtained by compact-

ing all specimens with the same hammer and with no other hammer operating.

4.4 *Compaction Pedestal*—The compaction pedestal shall consist of a nominal 203.2 by 203.2 mm (8 by 8 in.) wooden post approximately 457 mm (18 in.) long capped with a steel plate approximately 304.8 by 304.8 mm (12 by 12 in.) and 25 mm (1 in.) thick. The wooden post shall be oak, yellow pine or other wood having an average dry density of 670 to 771 kg/m³ (42 to 48 lb/ft³). The wooden post shall be secured by bolts through four angle brackets to a solid concrete slab. The steel cap shall be firmly fastened to the post. The pedestal assembly shall be installed so that the post is plumb and the cap is level.



	mm	in.
O minus P	456.6 to 457.8	17.975 to 18.025
Q Bronze bushings	—	—
R Minimum nominal diameter of 0.625 in. (15.9 mm) and with suitable corrosion resistance	15.9	0.625
S Face hardened. Impact resistant material	98.0 to 100.0	3.860 to 3.950
T	11.5 to 14.0	0.450 to 0.550
U	49.8 to 51.8	1.960 to 2.040
W	kg	lb
X Spring loaded swivel between guide rod and foot—details optional	4.53 to 4.55	9.98 to 10.02

FIG. 2 Manual Compaction Hammer

4.5 *Specimen Mold-Holder*—With single hammer compactors, the holder shall be mounted on the compaction pedestal so as to center the compaction mold over the center of the post. Specimen mold-holders of multi-hammer compactors are not necessarily centered. The holders shall hold the compaction mold, collar, and base plate securely in position during compaction of the specimen.

4.6 *Ovens, Heating Pots or Hot Plates*—Circulating air ovens or thermostatically controlled heating pot and hot plates shall be provided for heating aggregates, bituminous material, specimen molds, compaction hammers, and other equipment to within 3°C (5°F) of the required mixing and compaction temperatures. Suitable shields, baffle plates, or sand baths shall be used on the surfaces of the hot plates to minimize localized heating.

4.7 *Mixing Apparatus*—Mechanical mixing is recommended. Any type of mechanical mixer may be used provided the mix can be maintained at the required temperature and mixing will produce a well-coated, homogeneous mixture of the required amount in the allowable time; and further provided

(that essentially all of the batch can be recovered. A metal pan or bowl of sufficient capacity for hand mixing may also be used.

4.8 *Miscellaneous Equipment:*

4.8.1 *Containers for Heating Aggregates*, flat-bottom metal pans, or other suitable containers.

4.8.2 *Covered Containers for Heating Bituminous Material*, either gill-type tins, beakers, pouring pots, or saucepans may be used.

4.8.3 *Mixing Tools*, shall consist of a steel trowel (Mason's pointing trowel with point rounded), spoon or spatula, for spading and hand mixing.

4.8.4 *Calibrated Thermometers*, for determining temperatures of aggregates, bitumen, and bituminous mixtures. Armored-glass or dial-type thermometers with metal stems are recommended. A range from 10 to 200°C (50 to 400°F) with sensitivity of 3°C (5°F) is required.

4.8.5 *Balance*, readable to at least 0.1 g for batching mixtures.

4.8.6 *Gloves*, for handling hot equipment.

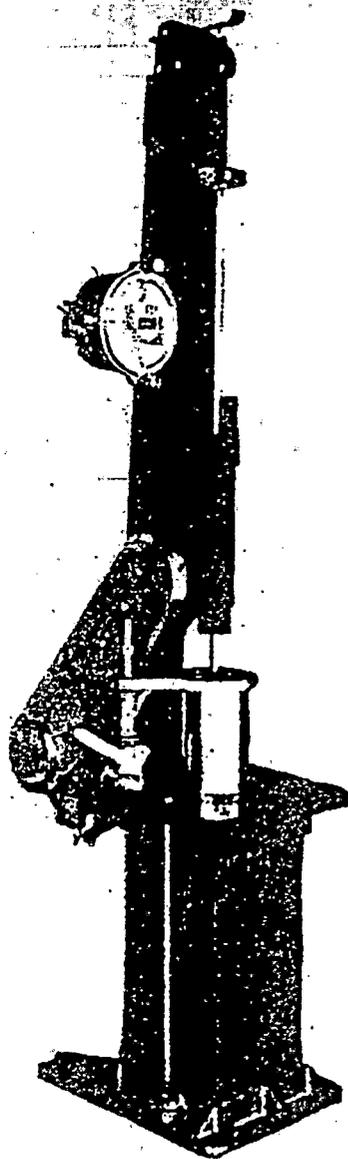


FIG. 3 Mechanical Hammer

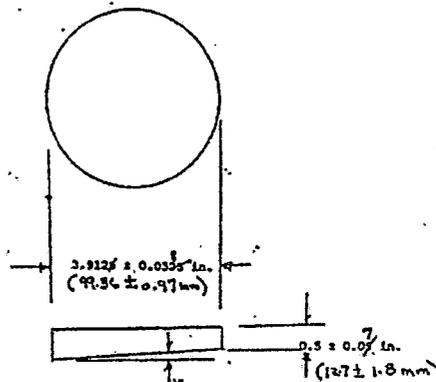
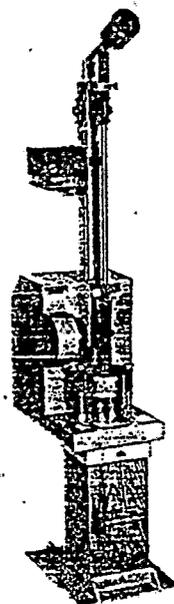


FIG. 4 Slanted Foot, Rotating Base Compactor

- 4.8.7 *Marking Crayons*, for identifying specimens.
- 4.8.8 *Scoop*, flat bottom, for batching aggregates.
- 4.8.9 *Spoon*, large, for placing the mixture in the specimen molds.

5. Test Specimens

5.1 *Preparation of Aggregates*—Dry aggregates to constant weight. Oven drying should be done at 105 to 110°C (221 to 230°F). After cooling, separate the aggregates by dry-sieving into the desired size fractions.³ The following minimum size fractions are recommended:

- 25 to 19 mm (1 to ¾ in.)
- 19 to 12.5 mm (¾ to ½ in.)
- 12.5 to 9.5 mm (½ to ⅜ in.)
- 9.5 to 4.75 mm (⅜ to No. 4)
- 4.75 to 2.36 mm (No. 4 to No. 8)
- 2.36 mm (Passing No. 8)

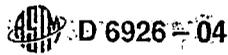
5.2 Determination of Mixing and Compacting Temperatures:

5.2.1 The asphalt cement used in preparing the sample must be heated to produce viscosities of 0.17 ± 0.02 Pa·s and 0.28 ± 0.03 Pa·s for mixing and compacting, respectively. An example of a viscosity temperature chart is given in Fig. D 2493.

NOTE 4—Selection of mixing and compaction temperatures at viscosities of 0.17 ± 0.02 Pa·s and 0.28 ± 0.03 Pa·s, respectively, may not apply to modified binders. The user should contact the manufacturer to establish appropriate mixing and compaction temperature ranges.

5.2.2 *Cutback Asphalt Mixture*—The temperature to which a cutback asphalt must be heated to produce a viscosity of

³Detailed requirements for these sieves are given in ASTM Specification E 11.



0.02 Pa·s shall be the mixing temperature. The compaction temperature for a cutback asphalt mixture is selected using a compositional chart of viscosity versus percent solvent for that cutback asphalt. From the compositional chart, determine the cutback asphalt's percentage of solvent by weight from its viscosity at 60°C (140°F) after it has lost 50 percent of its solvent (for rapid-cure and medium-cure cutbacks) or 20 percent of its solvent (for slow cure cutbacks). The compaction temperature is determined from the viscosity temperature chart that to which the cutback asphalt must be heated to produce a viscosity of 0.28 ± 0.03 Pa·s after losing the specified amount of original solvent.

5.2.3 Recompacted Paving Mixtures—Materials obtained from an existing pavement shall be warmed in covered containers in an oven to within 3°C (5°F) of the desired compaction temperature. Heating should only be long enough to achieve desired compaction temperature. If the compaction temperature for a specific mixture is not known, experience has shown that these mixes should be compacted at a temperature between 120°C (250°F) and 135°C (275°F). In preparation for heating to compaction temperature the material should be warmed and worked until a loose mixture condition is obtained. Any cut aggregate can be removed. Stability of reheated and recompacted mixtures from existing pavements is likely to be higher than the original mixture due to in service hardening of the binder. The reheating process will have only minor influence on binder hardening.

5.3 Mixture Preparation—Specimens may be prepared from single batches or multiple batches containing sufficient material for three or four specimens.

5.3.1 Weigh into separate containers the amount of each aggregate size fraction required to produce a batch that will result in one, two, three, or four compacted specimens 63.5 ± 2.5 mm (2.5 ± 0.1 in.) in height (about 1200, 2400, 3600 or 4800 g, respectively). Place aggregate batches in containers on a hot plate or in an oven and heat to a temperature above but not exceeding the mixing temperature established in 5.2 by more than 28°C (50°F) for asphalt cement and tar mixes and 14°C (25°F) for cutback asphalt mixes. Charge the mixing container with the heated aggregate and dry mix thoroughly (approximately 5 s) with scoop or spoon. Form a crater in the dry blended aggregate and weigh the required amount of bituminous material at mixing temperature into the mixture. For mixes prepared with cutback asphalt, introduce the mixing blade in the mixing bowl and determine the total weight of the mix components plus bowl and blade before proceeding with mixing. Care must be exercised to prevent loss of the mix during mixing and subsequent handling. At this point, the mixture temperature shall be within the limits of the mixing temperature established in 5.2. Mix the aggregate and bituminous material rapidly until thoroughly coated for approximately 60 s for single-specimen batches and approximately 20 s for multiple-specimen batches.

5.3.2 Condition single batches in covered metal containers in an oven at a temperature 8°C (15°F) to 11°C (20°F) above compaction temperature established in 5.2 for a minimum of 1 h and a maximum of 2 h.

5.3.3 For multiple batched sample, place the entire batch or sample on a clean non-absorptive surface. Hand mix to ensure uniformity and quarter into appropriate sample size to conform to specimen height requirements. For asphalt cements and tar mixtures, put the samples into metal containers and cover. Place the covered metal containers in a ventilated oven at the temperature established in 5.3.2 to condition for a minimum of 1 h and a maximum of 2 h. Cure cutback asphalt mixture in the mixing bowl in a ventilated oven maintained at approximately 11°C (20°F) above the compaction temperature. Curing is to be continued in the mixing bowl until precalculated weight of 50 % solvent loss or more has been obtained. The mix may be stirred in the mixing bowl during curing to accelerate the solvent loss. However, care should be exercised to prevent mix loss. Weigh the mix during curing in successive intervals of 15 min initially and less than 10 min intervals as the weight of the mix at 50 % solvent loss is approached.

5.3.4 Other bituminous or plant-produced materials may require special curing techniques.

NOTE 5—Heating mixtures for a period of time prior to compaction may result in specimens having properties that are different from those that are compacted immediately after mixing (original Marshall criteria are based on a no-cure procedure).

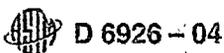
5.4 Compaction of Specimens:

5.4.1 Thoroughly clean the specimen mold assembly and the face of the compaction hammer and heat them either in boiling water, in an oven, or on a hot plate to a temperature between 90 and 150°C (200 and 300°F). Place a piece of nonabsorbent paper, cut to size, in the bottom of the mold before the mixture is introduced. Place the mixture in the mold, spade the mixture vigorously with a heated spatula or trowel 15 times around the perimeter and 10 times over the interior. Place another piece of nonabsorbent paper cut to fit on top of the mix. Temperature of the mixture immediately prior to compaction shall be within the limits of the compaction temperature established in 5.2.

5.4.2 Place the mold assembly on the compaction pedestal in the mold holder and apply the required number of blows with the specified compaction hammer. Remove the base plate and collar and reverse and reassemble the mold. Apply the same number of compaction blows to the face of the reversed specimen. After compaction, remove the collar and base plate. Allow the specimen to cool sufficiently to prevent damage and extract the specimen from the mold. Cooling specimens in the mold can be facilitated by immersion in cold water. To facilitate extraction, the mold and specimen can be briefly immersed in a hot water bath to heat the metal mold and reduce specimen distortion. Carefully transfer specimens to a smooth, flat surface and allow to cool at room temperature (this may be overnight). A fan can be used to facilitate cooling.

5.4.2.1 When compaction is accomplished with a manually held and operated hammer, hold the axis of the compaction hammer by hand, as nearly perpendicular as possible to the base of the mold assembly during compaction. In this original Marshall procedure, no mechanical device of any kind shall be used to restrict the handle of the hammer in the vertical position during compaction.

NOTE 6—Hammer shaft should be clean and lightly oiled.



6. Report

6.1 The report shall include at least the following information:

- 6.1.1 Sample identification (number, laboratory mixed, or plant mixed, and so forth),
- 6.1.2 Type of bituminous material, source, and content,
- 6.1.3 Type(s) of aggregate, source, and grading,
- 6.1.4 Type and time of curing prior to compaction,
- 6.1.5 Type of hammer (that is, manually held or fixed and mechanically or manually operated hammer and flat or slanted foot),
- 6.1.6 Number of blows/side,
- 6.1.7 Mixing temperature,
- 6.1.8 Compaction temperature, and
- 6.1.9 Type and time of cooling.

7. Precision

7.1 A precision statement is not applicable to this practice. Specimens should be accepted or rejected for further testing based on requirements of the criteria being applied. For Marshall stability, and flow determination according to Practice D6926, use only those replicate specimens which have bulk specific gravities within ± 0.020 of the mean.

Note 7—For two specimens prepared by laboratories participating in an AMRL reference testing program, the single operator 1s and the acceptable difference of two results, d2s, for the bulk specific gravity were 0.007 and 0.020, respectively. Results of these tests are available as a research report.

8. Keywords

8.1 bituminous mixtures; laboratory compaction; Marshall test

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

Anexos 06.02

NORMA ASTM D 6927(04)

Designation: D 6927 – 04

Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures¹

This standard is issued under the fixed designation D 6927; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

Scope

1.1 This test method covers measurement of resistance to plastic flow of 102 mm (4 in.) cylindrical specimens of bituminous paving mixture loaded in a direction perpendicular to the cylindrical axis by means of the Marshall apparatus. This method is for use with dense graded bituminous mixtures prepared with asphalt cement (modified and unmodified), cutback asphalt, tar, and tar-rubber with maximum size aggregate up to 25 mm (1 in.) in size (passing 25 mm (1 in.) sieve).

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
- D 2726 Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Non-Absorptive Compacted Bituminous Mixtures
- D 3549 Test Method for Thickness or Height of Compacted Bituminous Paving Mixture Specimens
- D 6926 Test Method for Preparation of Bituminous Specimens Using Marshall Apparatus

Significance and Use

3.1 Marshall stability and flow values along with density, air voids in the total mix, voids in the mineral aggregate, or voids, or both, filled with asphalt are used for laboratory mix design and evaluation of bituminous mixtures. In addition, Marshall stability and flow can be used to monitor the plant process of producing bituminous mixture. Marshall stability and flow may also be used to relatively evaluate different mixes and the effects of conditioning such as with water.

3.1.1 Marshall stability and flow are bituminous mixture characteristics determined from tests of compacted specimens of a specified geometry and in a prescribed manner. Marshall stability is the maximum resistance to deformation at a constant rate of loading. The magnitude of Marshall stability

varies with aggregate type and grading and bitumen type, grade, and amount. Various agencies have criteria for Marshall stability. Marshall flow is a measure of deformation (elastic plus plastic) of the bituminous mix determined during the stability test. There is no ideal value but there are acceptable limits. If flow at the selected optimum binder content is above the upper limit, the mix is considered too plastic or unstable and if below the lower limit, it is considered too brittle.

3.1.2 The Marshall stability and flow test results are applicable to dense-graded bituminous mixtures with maximum size aggregate up to 25 mm (1 in.) in size. For the purpose of mix design, Marshall stability and flow test results should consist of the average of a minimum of three specimens at each increment of binder content where the binder content varies in one-half percent increments over a range of binder content. The binder content range is generally selected on the basis of experience and historical testing data of the component materials, but may involve trial and error to include the desirable range of mix properties. Dense graded mixtures will generally show a peak of stability at a particular binder content. This peak binder content may be averaged with other binder contents such as the binder content at the peak density from a density versus binder content curve and binder content at desired air voids and voids filled values. The above test properties may be weighted to reflect a particular mix design philosophy. In addition, a mixture design may be required to meet minimum voids in the mineral aggregate based on nominal maximum aggregate size in the mixture.

3.1.3 Field laboratory Marshall stability and flow tests on specimens made with plant-produced bituminous mix may vary significantly from laboratory design values because of differences in plant mixing versus laboratory mixing. This includes mixing efficiency and aging.

3.1.4 Significant differences in Marshall stability and flow from one set of tests to another or from an average value of several sets of data or specimens, prepared from plant-produced mix may indicate poor sampling, incorrect testing technique, change of grading, change of binder content, or a malfunction in the plant process. The source of the variation should be resolved and the problem corrected.

3.1.5 Specimens will most often be prepared using Test Method D 6926 but may be prepared using other types of compaction procedures as long as specimens satisfy geometry requirements. Other types of compaction may cause specimens

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.20 on Mechanical Tests of Bituminous Mixtures.

² Current edition approved Aug. 1, 2004. Published August 2004.

For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

D 6927 - 04

to have different stress strain characteristics than specimens prepared by Marshall impact compaction. Marshall stability and flow may also be determined using field cores from in situ pavement for information or evaluation. However, these results may not compare with results from laboratory-prepared specimens and shall not be used for specification or acceptance purposes. One source of error in testing field cores arises when the side of the core is not smooth or perpendicular to the core faces. Such conditions can create stress concentrations in loading and low Marshall stability.

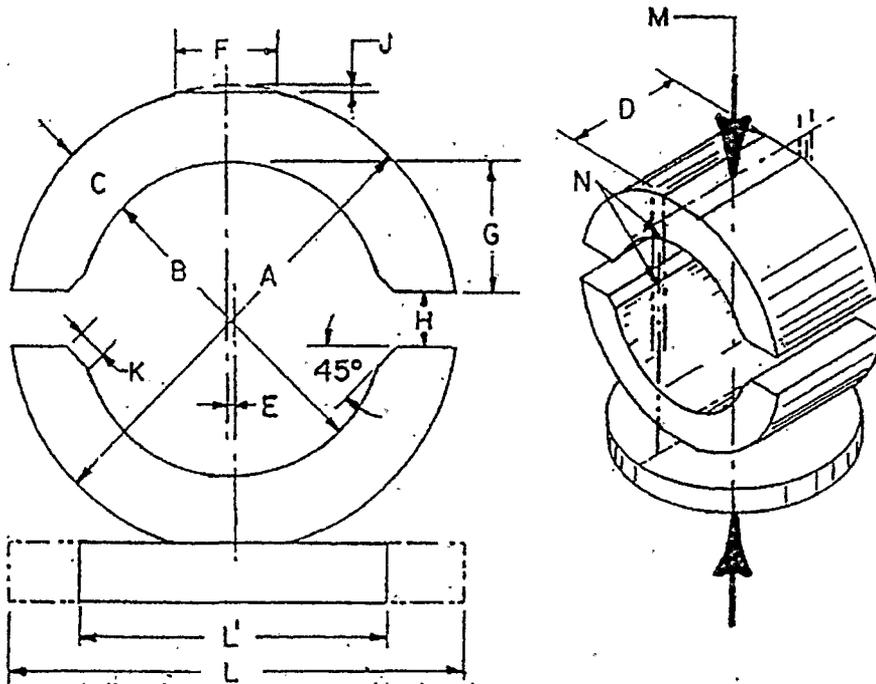
4. Apparatus

4.1 Breaking Head—The testing head (Fig. 1) shall consist of upper and lower cylindrical segments of cast gray or ductile iron, cast steel, or annealed steel tubing. The lower segment shall be mounted on a base having two perpendicular guide rods or posts (minimum 12.5 mm (1/2 in.) in diameter) extending upwards. Guide sleeves in the upper segment shall direct the two segments together without appreciable binding

or loose motion on the guide rods. A circular testing head with an inside bevel having dimensions other than specified in Fig. 1 has been shown to give results different from the standard testing head.

4.2 Compression Loading Machine—The compression loading machine (Fig. 2) may consist of a screw jack mounted in a testing frame and shall be designed to load at a uniform vertical movement of 50 ± 5 mm/min. (2.00 ± 0.15 in./min). The design in Fig. 2 shows power being supplied by an electric motor. A mechanical or hydraulic compression testing machine may also be used provided the rate of loading can be maintained at 50 ± 5 mm/min (2.00 ± 0.15 in./min).

4.3 Load Measuring Device—As a minimum, a calibrated 22 240 N (5000 lbf) ring dynamometer (Fig. 2) with a dial indicator to measure ring deflection for applied loads is required. The 22 240 N (5000 lbf) ring shall have a minimum sensitivity of 44.48 N (10 lbf). The dial indicator should be graduated in 0.0025 mm (0.0001 in.) increments. The ring dynamometer should be attached to the testing frame (see Fig. 2).



	mm	in.
A	148.6 to 149.2	5.850 to 5.875
B	101.6 to 101.7	4.000 to 4.005
C	23.4 to 23.7	0.923 to 0.935
D	76.2 to 76.5	3.000 to 3.010
E	0.0 to 0.05	0.000 to 0.002
F	34.8 to 35.1	1.370 to 1.380
G	41.28 to 41.33	1.625 to 1.627
H	19.0 to 19.1	0.748 to 0.752
J	2.03 to 2.13	0.080 to 0.084
K	8.9 to 9.1	0.350 to 0.358
L	101.5 to 101.7	3.995 to 4.005
L'	152.3 to 152.5	5.995 to 6.005
M	Stresses transmitted through one spherical and one flat surface.	
N	Geometry of guide system optional but must be appreciably free of both play and binding.	
	One test for binding is to lift or lower head by a single guide bushing.	

FIG. 1 Testing Head

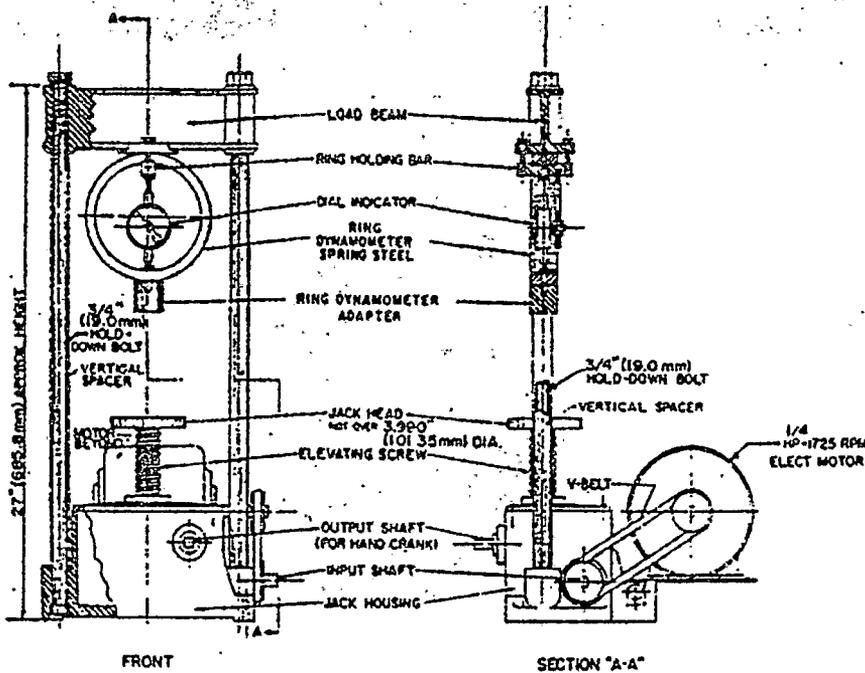
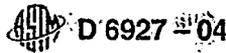


FIG. 2 Compression Machine

holding bar, Fig. 2) and an adapter (see ring dynamometer adapter, Fig. 2) should be provided to transmit load to the breaking head. The ring dynamometer assembly may be replaced with a load cell connected to a load-deformation recorder or computer provided capacity and sensitivity meet above requirements.

NOTE 1—A higher capacity ring dynamometer may be required for high-stability mixes. These include mixes with harsh, crushed aggregate and dense gradation, as well as mixes made with very stiff binders.

4.4 *Flowmeter*—The Marshall flowmeter consists of a guide sleeve and a gage (Fig. 3). The activating pin of the gage shall slide inside the guide sleeve with minimal friction and the guide sleeve shall slide freely over the guide post (see Fig. 3) of the breaking head. These points of frictional resistance shall be checked before tests. Graduations of the flowmeter gage shall be in 0.25 mm (0.01 in.) divisions. Instead of a flowmeter, other devices such as an indicator dial or linear variable differential transducer (LVDT) connected to a load-deformation recorder or computer may be used. These alternate devices should be capable of indicating or displaying flow (deformation) to the required sensitivity. These devices must be designed to measure and record the same relative movement between the top of the guide post and the upper breaking head.

4.5 *Water Bath*—The water bath shall be deep enough to maintain the water level a minimum of 30 mm (1.25 in.) above the top of specimens. The bath shall be thermostatically controlled so as to maintain the specified test temperature $\pm 1^\circ\text{C}$ (2°F) at any point in the tank. The tank shall have a perforated false bottom or be equipped with a shelf for supporting specimens 50 mm (2 in.) above the bottom of the bath and be equipped with a mechanical water circulator.

4.6 *Oven*—An oven capable of maintaining the specified test temperature $\pm 1^\circ\text{C}$ (2°F).

4.7 *Air Bath*—The air bath for mixtures containing cutback asphalt binder shall be thermostatically controlled and shall maintain the air temperature at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ($77 \pm 2^\circ\text{F}$).

4.8 *Thermometers*—Calibrated thermometers for water and air baths shall cover the temperature range specified and be readable to 0.2°C (0.4°F).

5. Procedure

5.1 A minimum of three specimens of a given mixture shall be tested. The specimens should have the same aggregate type, quality, and grading; the same mineral filler type and quantity; and the same binder source, grade and amount. In addition, the specimens should have the same preparation, that is, temperatures, cooling, and compaction.

5.2 Specimens should be cooled to room temperature after compaction. During cooling they should be placed on a smooth, flat surface. Bulk specific gravity of each specimen shall be determined by Test Method D 2726. The bulk specific gravities of replicate specimens for each binder content shall agree within ± 0.020 of the mean as noted in Test Method D 6926.

5.2.1 Measure specimen thickness according to Test Method D 3549.

5.3 Specimens can be conditioned for testing as soon as they reach ambient room temperature. Testing shall be completed within 24 h after compaction. Bring specimens prepared with asphalt cement, tar, or tar-rubber to the specified temperature by immersion in the water bath 30 to 40 min, or placement in the oven for 120 to 130 min. Maintain the bath or oven

 D 6927 - 04


FIG. 3 Flowmeter

temperature at $60 \pm 1^\circ\text{C}$ ($140 \pm 2^\circ\text{F}$) for asphalt cement, $49 \pm 1^\circ\text{C}$ ($120 \pm 2^\circ\text{F}$) for tar-rubber specimens, and $38 \pm 1^\circ\text{C}$ ($100 \pm 2^\circ\text{F}$) for tar specimens. Bring specimens prepared with cutback asphalt to temperature by placing them in the air bath for 120 to 130 min. Maintain the air bath temperature at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ($77 \pm 2^\circ\text{F}$).

NOTE 2—Temperature variation will affect test results. A dummy specimen with a thermocouple can be used to monitor temperature.

5.3.1 Thoroughly clean the guide rods and inside surfaces of the test head segments prior to conducting the test. Lubricate guide rods so that the upper test head segment slides freely over them. The testing head shall be at a temperature of 20 to 40°C (70 to 100°F). If a water bath is used, wipe excess water from the inside of the testing head segments.

5.3.2 Remove a specimen from the water, oven, or air conditioning bath (in the case of a water bath remove excess water with a towel) and place in the lower segment of the testing head. Place the upper segment of the testing head on the specimen, and place the complete assembly in position in the loading machine. If used, place the flowmeter in position over one of the guide rods and adjust the flowmeter to zero while holding the sleeve firmly against the upper segment of the testing head. Hold the flowmeter sleeve firmly against the upper segment of the testing head while the test load is being applied.

5.4 Elapsed time from removal of the test specimens from the water bath to the maximum load determination shall not exceed 30 s. Apply load to the specimen by means of the

constant rate of movement of the loading jack or loading machine head of 50 ± 5 mm/min (2.00 ± 0.15 in./min) until the load decreases as indicated by the load dial. Record the maximum load noted on the loading machine or converted from the maximum micrometer dial reading as Marshall stability. Release the flowmeter sleeve or note the micrometer dial reading, where used, the instant the maximum load begins to decrease. The flow value is usually recorded in units of 0.25 mm (0.01 in.) (that is, 0.12 in. is recorded as a flow of 12). This procedure may require two people to conduct the test and record data, depending on the type of equipment and arrangement of dial indicators.

5.5 Peak load indicated by the micrometer dial of the ring dynamometer is the Marshall stability. The Marshall flow using a flowmeter is the total sample deformation from no load to the point where the peak load starts to decrease as shown in Fig. 4.

5.6 When a load-deformation recorder is used in conjunction with a load cell and LVDT or other automatic recording device, the Marshall flow is the sample deformation from the point where the load starts to increase to the point where it starts to decrease. Depending on chart speed, Marshall flow may be read directly from the load-deformation chart or determined after converting the chart reading with an appropriate factor.

6. Calculation

6.1 Laboratory molded specimens shall satisfy the thickness requirement of 63.5 ± 2.5 mm (2.50 ± 0.10 in.). Specimen

 D 6927 - 04

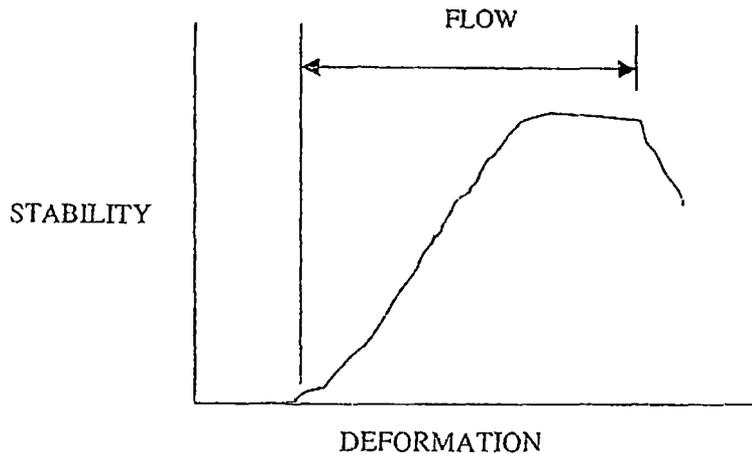


FIG. 4 Flow Determination From Chart

within the thickness tolerance may be corrected based on specimen volume or thickness. Stabilities determined on field cores with large variation in volume or thickness shall also be corrected. However, results with larger corrections should be used with caution. Correction factors (correlation ratios) are given in Table 1. The correlation ratio is used in the following

manner.

$$A = B \times C$$

where:

- A = corrected stability,
- B = measure of stability (load), and
- C = correlation ratio from Table 1.

TABLE 1 Stability Correlation Factors^a

Volume of Specimen, cm ³ ^b	Thickness of Specimen ^c		Correlation Ratio
	mm	in.	
200 to 213	25.4	1.00 (1)	5.56
214 to 225	27.0	1.06 (1 1/16)	5.00
226 to 237	28.6	1.12 (1 1/8)	4.55
238 to 250	30.2	1.19 (1 3/16)	4.17
251 to 264	31.8	1.25 (1 1/4)	3.85
265 to 276	33.3	1.31 (1 5/16)	3.57
277 to 289	34.9	1.38 (1 3/8)	3.33
290 to 301	36.5	1.44 (1 1/2)	3.03
302 to 316	38.1	1.50 (1 1/2)	2.78
317 to 328	39.7	1.56 (1 5/8)	2.50
329 to 340	41.3	1.62 (1 5/8)	2.27
341 to 353	42.9	1.69 (1 7/16)	2.08
354 to 367	44.4	1.75 (1 3/4)	1.92
368 to 379	46.0	1.81 (1 7/16)	1.79
380 to 392	47.6	1.88 (1 7/8)	1.67
393 to 405	49.2	1.94 (1 9/16)	1.56
406 to 420	50.8	2.00 (2)	1.47
421 to 431	52.4	2.06 (2 1/16)	1.39
432 to 443	54.0	2.12 (2 1/8)	1.32
444 to 456	55.6	2.19 (2 1/8)	1.25
457 to 470	57.2	2.25 (2 1/4)	1.19
471 to 482	58.7	2.31 (2 3/16)	1.14
483 to 495	60.3	2.38 (2 3/8)	1.09
496 to 508	61.9	2.44 (2 7/16)	1.04
509 to 522	63.5	2.50 (2 1/2)	1.00
523 to 535	65.1	2.56 (2 5/8)	0.96
536 to 546	66.7	2.62 (2 5/8)	0.93
547 to 559	68.3	2.69 (2 11/16)	0.89
560 to 573	69.8	2.75 (2 3/4)	0.86
574 to 585	71.4	2.81 (2 7/8)	0.83
586 to 598	73.0	2.88 (2 7/8)	0.81
599 to 610	74.6	2.94 (2 9/8)	0.78
611 to 626	76.2	3.00 (3)	0.76

^aThe measured stability of a specimen multiplied by the ratio for the thickness of specimen equals the corrected stability for a 2 1/2 in. (63.5 mm) specimen. ^bVolume-thickness relationship is based on a specimen diameter of 4 in. (101.6

7. Report

7.1 The report shall include the following information:

- 7.1.1 Type of sample tested (laboratory mixed sample, plant mixed sample, or pavement core specimen).
- 7.1.2 Nature of bituminous mixture, including aggregate type and grading, binder grade, and binder content.
- 7.1.3 Individual and average specimen bulk specific gravities.
- 7.1.4 Height of each test specimen in millimetres (or inches) to the nearest 0.25 mm (0.01 in.).
- 7.1.5 Individual and average values of Marshall stability (uncorrected and corrected if required) to the nearest 50 N (or 10 lbf).
- 7.1.6 Individual and average value of Marshall flow in units of 0.25 mm (0.01 in.).
- 7.1.7 Test temperature.

8. Precision

8.1 Criterion for judging acceptability of the Marshall stability and flow test results using this method are as follows:

8.1.1 *Marshall Stability*—Criteria for judging acceptability of Marshall stability test results obtained by this test method are given in the following table. One test result is considered to be the average of tests on three specimens. The large acceptable range of two test results between-laboratories indicates that this test should not be used for material acceptance programs that compare between-laboratory results.

Test and Type of Index	Coefficient of Variation (% of mean) ^a	Acceptable Range of Two Results (% of mean) ^a
Within-Laboratory Precision	6	16



D 6927 - 04

Test and Type of Index	Coefficient of Variation (% of mean) ^A	Acceptable Range of Two Results (% of mean) ^A
Between-Laboratory Precision	16	43

^A These numbers represent, respectively, the (1s %) and (D2s %) limits, as described in Practice C 670.

8.1.2 *Marshall Flow*—Criteria for judging acceptability of Marshall flow test results obtained by this test method are given in the following table. One test result is considered to be the average of three samples. The large acceptable range of two test results between-laboratories indicates that this test should not be used for material acceptance programs that compare between-laboratory results.

Test and Type of Index	Coefficient of Variation (% of mean) ^A	Acceptable Range of Two Results (% of mean) ^A
Within-Laboratory Precision	9	26
Between-Laboratory Precision	20	58

^A These numbers represent, respectively, the (1s %) and (D2s %) limits, as

described in Practice C 670.

8.2 The above precisions are based on specimens compacted with mechanical and manual hammers. They also represent dense graded mixtures with limestone and gravel aggregates. Different asphalts were also used. These results do not include application of the density limitation in Test Method D 6926.

Note 3—Data for this precision statement comes from the AASHTO Materials Reference Laboratory program. Data utilized was from AMRL Hot Mix Asphalt Design Proficiency samples 29 to 36. The coefficients of variation and acceptable range of two results are the average of the four sets of proficiency samples. This data involved test results from between 313 and 436 laboratories testing 102-mm (4-in.) diameter specimens prepared with 75 blows and 3 to 5 % air voids. These results are given in percent so that they apply to various levels of Marshall stability and flow. The AMRL data is available in ASTM Research Report XXXX.

9. Keywords

9.1 bituminous mixtures; Marshall; plastic flow; stability

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).