ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO

ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Instituto
Desarrollo Urbano

CONTRATO
IDU-038-2012

OBJETO: CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
- BOGOTÁ -

INFORME FINAL

Bogotá D.C., Julio de 2014

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1 Objetivos del proyecto 1
1.1.1 Objetivo General 1
1.1.2 Objetivos Específicos 1

1.2 Equipo de trabajo 2
1.2.1 Instituto de Desarrollo Urbano IDU 2
1.2.2 Pontificia Universidad Javeriana 2

2 METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL EXPERIMENTO 3

2.1 Revisión del estado del arte 3
2.1.1 Generalidades 3
2.1.2 Materiales para la elaboración de mezclas asfálticas 9
2.1.3 Caracterización dinámica de mezclas asfálticas 12

2.2 Planteamiento del diseño del experimento 35

2.3 Adquisición de materiales y productos 43

2.4 Planteamiento de la metodología utilizada 48

3 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 51

3.1 Caracterización de agregados gruesos 51
3.1.1 Resistencia al desgaste por medio de la máquina de Los Ángeles 52
3.1.2 Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio 53
3.1.3 Peso específico y absorción 54
3.1.4 Evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos 55
3.1.5 Porcentaje de caras fracturadas en los agregados 56
3.1.6 Determinación de la resistencia al desgaste utilizando el equipo Micro-Deval 57
3.1.7 Método para determinar partículas planas, alargadas, o planas y alargadas 58

3.2 Caracterización de agregados finos 59

3.2.1 Determinación del límite líquido de los suelos 60
3.2.2 Determinación del límite plástico e índice de plasticidad 61
3.2.3 Equivalente de arena 62
3.2.4 Determinación del contenido aproximado de materia orgánica 63
3.2.5 Peso específico y absorción de los agregados finos 64
3.2.6 Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio 65
3.2.7 Valor de azul de metileno en agregados finos y el llenante mineral 67
3.2.8 Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados 67
3.2.9 Análisis granulométrico de suelos por tamizado 68

3.3 Caracterización de los ligantes asfálticos 68
3.3.1 Caracterización del ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70 y Apiay 60-70 69
3.3.2 Caracterización del ligante asfáltico modificado Tipo V de baja penetración 78

4 ELABORACIÓN, CARACTERIZACIÓN, Y EVALUACIÓN DINÁMICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS 81

4.1 Diseños de mezcla 81
4.1.1 Diseño de la mezcla MD12 con cemento asfáltico Barrancabermeja 60-70 84
4.1.2 Diseño de la mezcla MD12 con cemento asfáltico Apiay 60-70 84
4.1.3 Diseño de la mezcla MS25 con cemento asfáltico Barrancabermeja 60-70 85
4.1.4 Diseño de la mezcla MS25 con cemento asfáltico Apiay 60-70 85
4.1.5 Diseño de la mezcla MG20 con cemento asfáltico Barrancabermeja 60-70 86
4.1.6 Diseño de la mezcla MG20 con cemento asfáltico Apiay 60-70 86
4.1.7 Diseño de la mezcla MAM20 con cemento asfáltico tipo V 87

4.2 Caracterización de mezclas asfálticas en caliente 87
4.2.1 Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas 88
4.2.2 Resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas 89
4.2.3 Susceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta – TSR 92
4.2.4 Resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensayo de laboratorio 93

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS 97

5.1 Análisis de resultados y recomendaciones de la caracterización de agregados 97

5.2 Análisis de resultados y recomendaciones de la caracterización de los ligantes asfálticos 100

5.3 Análisis de resultados y recomendaciones de los diseños de mezcla 107

5.4 Análisis de resultados y recomendaciones de la caracterización dinámica de mezclas asfálticas en caliente 113
5.4.1 Módulo resiliente 113
5.4.2 Resistencia a la fatiga 122

6 SIMULACIONES COMPUTACIONALES 133

6.1 Variables para el diseño y las simulaciones 134
6.1.1 Subrasante 134
6.1.2 Tránsito 135
6.1.3 Propiedades mecánicas de los materiales 135

6.2 Otras variables de diseño para el caso de estructuras flexibles 138

6.3 Simulaciones y dimensiones de las estructuras diseñadas 138

6.4 Conclusiones de la simulación 142

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 145

8 BIBLIOGRAFÍA 153

9 ANEXOS 161

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Especificaciones del Cemento Asfáltico (Instituto de desarrollo urbano IDU, 2011a).....10

Tabla 2. Comparación de los ensayos de fatiga bajo esfuerzo controlado y deformación controlada (Rondón y Reyes, 2011, 2012). 24

Tabla 3. Valores del Módulo y εo dependiendo de la Estructura, a 10^6 ciclos 27

Tabla 4. Factores que afectan el fenómeno de ahuellamiento en mezclas asfálticas.....28

Tabla 5. Diseño Final del Experimento.....36

Tabla 6. Granulometría Mezcla Asfáltica tipo MD12 (IDU, 2011).....36

Tabla 7. Granulometría Mezcla Asfáltica tipo MS25 (IDU, 2011)).....37

Tabla 8. Granulometría Mezcla Asfáltica tipo MG20 (IDU, 2011)) 37

Tabla 9. Granulometría Mezcla Asfáltica tipo MAM20 (IDU, 2011)).....38

Tabla 10. Materiales y productos.....44

Tabla 11. Ensayos para caracterización de Agregados pétreos 48

Tabla 12. Ensayos para caracterización del Ligante asfáltico Barrancabermeja 60/70, Apiay 60/70 y Modificado tipo V. 48

Tabla 13. Ensayos para caracterización y evaluación dinámica de mezclas asfálticas 49

Tabla 14. Procedencia de agregados gruesos 51

Tabla 15. Procedencia de agregados finos 60

Tabla 16. Precedencia de ligantes asfálticos 60-70 69

Tabla 17. Precedencia de ligante asfáltico modificado Tipo V de baja penetración.....79

Tabla 18. Características diseño de mezcla MD12 Barrancabermeja 60-70 84

Tabla 19. Características diseño de mezcla MD12 Apiay 60-70 84

Tabla 20. Características diseño de mezcla MS25 Barrancabermeja 60-70.....85

Tabla 21. Características diseño de mezcla MS25 Apiay 60-70 85

Tabla 22. Características diseño de mezcla MG20 Barrancabermeja 60-70 86

Tabla 23. Características diseño de mezcla MG20 Apiay 60-70.....86

Tabla 24. Características diseño de mezcla MAM20 tipo V 87

Tabla 25. Caracterización de agregados pétreos (gravas).....98

Tabla 26. Caracterización agregados pétreos tamaño de arenas y finos 99

Tabla 27. Caracterización del CA 60-70 de Barrancabermeja (CAB) y Apiay (CAA).....101

Tabla 28. Caracterización del CA tipo V (CAV).....102

Tabla 29. Caracterización reológica del CA 60-70 de Barrancabermeja.....102

Tabla 30. Caracterización reológica del CA 60-70 de Apiay 103

Tabla 31. Caracterización reológica del CA modificado tipo V.....103

Tabla 32. Resumen de resultados de la evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta – TSR.....108

Tabla 33. Resistencia a la deformación permanente en el intervalo de 105 a 120 minutos 111

Tabla 34. Resumen de ensayos de módulo resiliente de la mezcla MD12 fabricada con CA 60-70 proveniente de Apiay y Barrancabermeja 113

Tabla 35. Resumen de ensayos de módulo resiliente de las mezclas MG20 y MS25 fabricadas con CA 60-70 proveniente de Apiay y Barrancabermeja.....114

Tabla 36. Resumen de ensayos de módulo resiliente de la mezcla MAM20 fabricada con asfalto modificado tipo V - STOA.....114

Tabla 37. Valores recomendados de módulo resiliente ($\boldsymbol{Mr}$) para capas de rodadura, base asfáltica y mezclas de alto módulo fabricadas con CA 60-70 121

Tabla 38. Valores de $\boldsymbol{\sigma 6}$, $\boldsymbol{\varepsilon 6}$ y b para las mezclas analizadas. 130

Tabla 39. Valores recomendados de $\boldsymbol{\sigma 6}$, $\boldsymbol{\varepsilon 6}$ y b para capas de rodadura, bases asfálticas y mezclas de alto módulo. 130

Tabla 40. Parámetros recomendados por INVIAS (2008) para capas de rodadura conformadas por una mezcla tipo MDC-2 136

Tabla 41. Parámetros recomendados por IDU (2001) para capas de rodadura conformadas por una mezcla asfáltica tipo CASA.....136

Tabla 42. Parámetros recomendados por IDU (2014) para capas de rodadura conformadas por una mezcla tipo MD12.....136

Tabla 43. Parámetros recomendados por IDU (2001) para capas de base asfáltica conformadas por una mezcla asfáltica tipo 1 137

Tabla 44 .Parámetros recomendados por IDU (2014) para capas de base asfáltica.....137

Tabla 45. Parámetros mecánicos para las simulaciones de las capas granulares de base y subbase. 137

Tabla 46. Resumen de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la sub base granular 140

Tabla 47. Resumen de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la capa asfáltica 141

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Evolución de la viscosidad con la temperatura (Rondón *et al*., 2011).....3

Figura 2. Viscosímetro rotacional de la Pontificia Universidad Javeriana 7

Figura 3. Reómetro dinámico de corte – DSR de la Pontificia Universidad Javeriana.....8

Figura 4. Muestra para el ensayo DSR 8

Figura 5. Ángulo de fase (Rondón *et al*., 2011).....9

Figura 6. Comportamiento del Cemento asfáltico, bajo características de Temperatura y Tiempo (Speier, 1994).....11

Figura 7. Curva de Wöhler. σ es el esfuerzo cíclico aplicado al material en función del número de ciclos (Rondón *et al*., 2011).....12

Figura 8. Agrietamiento tipo piel de cocodrilo (Rondón *et al*., 2011).....15

Figura 9. Flexión en cuatro puntos (Jenkins, 2008).....16

Figura 10. Configuración de carga y falla en el ensayo diametral (Kennedy, 1977) 16

Figura 11. Carrusel de fatiga de la Universidad de Los Andes (Caicedo *et al.*, 2000) 17

Figura 12. Deformaciones admisibles a N = 10^6 ciclos en función de la temperatura, para una grava bituminosa 0/20 (Rondón *et al*., 2011).....18

Figura 13. Diagrama del mecanismo del NAT y principio de tracción indirecta (Rondón *et al*., 2011).....19

Figura 14. Nottingham Asphalt Tester de la Pontificia Universidad Javeriana 20

Figura 15. Esquema de las probetas trapezoidales utilizadas en el banco de fatiga (Rondón *et al*., 2011).....21

Figura 16. Probetas falladas en el Banco de Fatiga (Rondón *et al*., 2011).....22

Figura 17. Banco de fatiga de la Pontificia Universidad Javeriana.....22

Figura 18. Influencia de la frecuencia de las cargas en el Módulo de un material Bituminoso (Rondón *et al*., 2011) 26

Figura 19. Efecto de la aplicación de una carga rodante sobre un pavimento (Rondón *et al*., 2011).....26

Figura 20. Ahuellamiento en la carpeta de rodadura del pavimento de la calle 80 en Bogotá en los paraderos de los buses (Caro *et al*., 2003) 28

Figura 21. Esquema de un ensayo uniaxial de creep (Garnica *et al*., 2002).....29

Figura 22. Equipo AMPT - Asphalt Mixture Performance Tester.....30

Figura 23. Esquema de un ensayo de tracción indirecta.....30

Figura 24. Ensayo de pista a pequeña escala de la Pontificia Universidad Javeriana.....31

Figura 25. Carrusel de fatiga del LCPC (LCPC, 2007).....31

Figura 26. Esquematización del ensayo triaxial cíclico, a) al inicio de la prueba, y b) al finalizar la prueba (Rondón *et al*., 2011).....33

Figura 27. Curva típica de flujo de una mezcla asfáltica (Rondón *et al*., 2011) 33

Figura 28. Curva Granulométrica Mezcla Asfáltica tipo MD12 (IDU, 2011) 39

Figura 29. Curva Granulométrica Mezcla Asfáltica tipo MS25 (IDU, 2011).....40

Figura 30. Curva Granulométrica Mezcla Asfáltica tipo MG20 (IDU, 2011) 41

Figura 31. Curva Granulométrica Mezcla Asfáltica tipo MAM20 (IDU, 2011).....42

Figura 32. Arenas separadas por tamices.....43

Figura 33. Agregado grueso separado por tamices 43

Figura 34. Grava 1” fuente aluvial río Coello 44

Figura 35. Grava 3/4” fuente peña.....45

Figura 36. Grava 1/2” fuente aluvial río Coello 45

Figura 37. Arena triturada fuente aluvial río Coello 45

Figura 38. Arena natural fuente aluvial río Coello 46

Figura 39. Arena fuente peña 46

Figura 40. Almacenamiento ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70 47

Figura 41. Almacenamiento ligante asfáltico Apiay 60/70 47

Figura 42. Ensayo de resistencia al desgaste por medio de la máquina de Los Ángeles..53

Figura 43. Ensayo de Sanidad de los agregados gruesos frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio 54

Figura 44. Ensayo para calcular el peso específico y la absorción de los agregados gruesos 55

Figura 45. Ensayo de evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos 56

Figura 46. Ensayo para calcular el porcentaje de caras fracturadas en los agregados 57

Figura 47. Ensayo para determinar la resistencia al desgaste utilizando el equipo Micro-Deval....58

Figura 48. Ensayo para determinar partículas planas, alargadas, o planas y alargadas ...59

Figura 49. Ensayo para determinar el límite líquido de los suelos 61

Figura 50. Ensayo para determinar el límite plástico e índice de plasticidad 62

Figura 51. Ensayo de equivalente de arena 63

Figura 52. Ensayo para determinar el contenido aproximado de materia orgánica 64

Figura 53. Ensayo para calcular el peso específico y absorción de los agregados finos...65

Figura 54. Ensayo para calcular el peso específico y absorción de los agregados finos...65

Figura 55. Ensayo de Sanidad de los agregados finos frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio 66

Figura 56. Ensayo de Sanidad de los agregados finos frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio 66

Figura 57. Ensayo para determinar el valor de azul de metileno de los agregados finos y el llenante mineral 67

Figura 58. Ensayo para determinar el contenido de vacíos en agregados finos no compactados 68

Figura 59. Ensayo de penetración de los materiales asfálticos....71

Figura 60. Ensayo de ductilidad de los materiales asfálticos 72

Figura 61. Ensayo para determinar la gravedad específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos 73

Figura 62. Ensayo para determinar el punto de ablandamiento de materiales bituminosos 74

Figura 63. Ensayo para determinar la viscosidad del asfalto empleando el viscosímetro rotacional 75

Figura 64. Ensayo adherencia en bandeja 76

Figura 65. Ensayo en el horno de lámina asfáltica delgada en movimiento....77

Figura 66. Ensayo para la medición de propiedades reológicas de los ligantes asfálticos mediante el reómetro de corte dinámico 78

Figura 67. Ensayo de resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall 83

Figura 68. Ensayo de resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall 83

Figura 69. Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas....89

Figura 70. Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas....89

Figura 71. Nottingham Asphalt Tester (NAT) 90

Figura 72. Ensayo de resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas a esfuerzo controlado....91

Figura 73. Ensayo de resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas a esfuerzo controlado....91

Figura 74. Evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta – TSR 92

Figura 75. Evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta – TSR 93

Figura 76. Resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensayo de laboratorio....94

Figura 77. Resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensayo de laboratorio....94

Figura 78. Curva de viscosidad CA 60-70 de Barrancabermeja 105

Figura 79. Curva de viscosidad CA 60-70 de Apiay 105

Figura 80. Curva de viscosidad CA tipo V 106

Figura 81. Curva de viscosidad de los asfaltos analizados 106

Figura 82. Resistencia a la tensión seca (azul) y húmeda (verde) de las mezclas asfálticas 109

Figura 83. Relación de resistencia a la tensión de las mezclas asfálticas 110

Figura 84. Velocidad de deformación de las mezclas asfálticas 112

Figura 85. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MD12 fabricada con CA 60-70 de Apiay - STOA. 116

Figura 86. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MD12 fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja - STOA. 116

Figura 87. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para las mezclas MD12 - STOA. 116

Figura 88. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MG20 fabricada con CA 60-70 de Apiay. 117

Figura 89. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MG20 fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja. 117

Figura 90. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para las mezclas MG20 - STOA 117

Figura 91. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MS25 fabricada con CA 60-70 de Apiay. 118

Figura 92. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MS25 fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja. 118

Figura 93. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para las mezclas MS25 - STOA 118

Figura 94. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MAM20 - STOA 119

Figura 95. Evolución de E con la frecuencia (F) para mezcla asfálticas, T=10° C 119

Figura 96. Evolución de E con la frecuencia (F) para mezcla asfálticas, T=20° C 120

Figura 97. Evolución de E con la frecuencia (F) para mezcla asfálticas, T=30° C 120

Figura 98. Fatiga MD12 con CA 60-70 de Apiay – STOA 124

Figura 99. Fatiga MD12 con CA 60-70 de Barrancabermeja – STOA....124

Figura 100. Fatiga MD12 con CA 60-70 – STOA 125

Figura 101. Fatiga MS25 con CA 60-70 de Apiay – STOA 125

Figura 102. Fatiga MS25 con CA 60-70 de Barrancabermeja – STOA....126

Figura 103. Fatiga MS25 con CA 60-70 – STOA 126

Figura 104. Fatiga MG20 con CA 60-70 de Apiay – STOA 127

Figura 105. Fatiga MG20 con CA 60-70 de Barrancabermeja – STOA 127

Figura 106. Fatiga MG20 con CA 60-70 – STOA 128

Figura 107. Fatiga MAM20 con CA tipo V – STOA 128

Figura 108. Fatiga de todas las mezclas sometidas en STOA bajo el modo de carga de esfuerzo controlado 129

Figura 109. Deformación de todas las mezclas sometidas en STOA bajo el modo de carga de esfuerzo controlado 129

Figura 110. Simulación de mezclas para capa de rodadura sometidas en STOA. 131

Figura 111. Simulación de mezclas para capa de base asfáltica sometidas en STOA....131

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Caracterización de agregados gruesos

ANEXO B. Caracterización de agregados finos

ANEXO C. Caracterización del ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70

ANEXO D. Caracterización del ligante asfáltico Apiay 60-70

ANEXO E. Caracterización del ligante asfáltico modificado tipo V de baja penetración

ANEXO F. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MD12 con asfalto Barrancabermeja 60-70

ANEXO G. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MD12 con asfalto Apiay 60-70

ANEXO H. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MS25 con asfalto Barrancabermeja 60-70

ANEXO I. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MS25 con asfalto Apiay 60-70

ANEXO J. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MG20 con asfalto Barrancabermeja 60-70

ANEXO K. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MG20 con asfalto Apiay 60-70

ANEXO L. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MAM20 con asfalto modificado tipo V

ANEXO M. Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la subbase granular, para 82 kN y 5 Hz.

ANEXO N. Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la subbase granular, para 130 kN y 5 Hz.

ANEXO O. Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la capa asfáltica, para 82 kN y 5 Hz.

ANEXO P. Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la capa asfáltica, para 130 kN y 5 Hz.

ANEXO Q. Reunión de divulgación de los resultados del estudio

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos del proyecto

1.1.1 Objetivo General

Evaluar las propiedades mecánicas y dinámicas de cuatro mezclas asfálticas en caliente (según las especificaciones técnicas IDU-ET-2011), y analizar cómo influyen dichas propiedades sobre el dimensionamiento y la capacidad estructural de pavimentos flexibles.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar ensayos de caracterización sobre los materiales que conformarán las mezclas en caliente (agregado pétreo y materiales bituminosos).

- Realizar ensayos mecánicos y dinámicos sobre las mezclas en caliente y evaluar la respuesta que experimentan en dichos ensayos mediante el análisis de las siguientes variables:

  - Distribución granulométrica, tipo de cemento asfáltico y mezcla asfáltica.
  - Comportamiento bajo carga monotónica de las mezclas analizadas a partir del diseño Marshall de acuerdo con las variaciones granulométricas estudiadas.
  - Comportamiento dinámico de las mezclas analizadas con el fin de establecer los valores o rangos de módulos y leyes de fatiga en los cuales se pueden encontrar las mezclas de acuerdo con las variaciones granulométricas estudiadas.

- Analizar los datos obtenidos de simular en un programa de cómputo, estructuras de pavimentos empleando los parámetros obtenidos de los ensayos realizados a las mezclas.

- Elaborar documentos para publicación, discusión y divulgación de los resultados.

1.2 Equipo de trabajo

1.2.1 Instituto de Desarrollo Urbano IDU

El equipo de trabajo que coordinó la ejecución del presente contrato de Consultoría Por parte del Instituto de Desarrollo Urbano IDU fue:

- Julio Cesar Montoya Sierra, Director Técnica de Estratégica.
- Sara Del Pilar Álzate Díaz, Directora Técnica de Estratégica.
- Sully Magalis Rojas Bayona, Directora Técnica de Estratégica (Actual).
- Juan Pablo Nieto Mora, supervisor del contrato de Consultoría.

1.2.2 Pontificia Universidad Javeriana

El equipo técnico que participó en la ejecución del presente contrato de Consultoría por parte de Pontificia Universidad Javeriana fue:

- Fredy Alberto Reyes Lizcano, Director del Proyecto.
- Hugo Alexander Rondón Quintana, Especialista en Pavimentos.
- Manuel Santiago Ocampo Terreros, Especialista en Pavimentos.
- Hermes Ariel Vacca Gámez, Ingeniero Auxiliar.
- Oscar Giovanny Angarita Ribero, Ingeniero Auxiliar.

2 METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL EXPERIMENTO

2.1 Revisión del estado del arte

2.1.1 Generalidades

La viscosidad es un parámetro físico que ha sido utilizado ampliamente desde la década de los 60's (Asphalt Institute, 1962, 1974) para determinar las temperaturas de fabricación de mezclas asfálticas (temperatura de mezclado entre el agregado pétreo y el CA en la planta de asfalto) y de extensión y compactación de dichas mezclas en obra. En la Figura 1 se presenta una curva típica de evolución de la viscosidad con la temperatura. Se observa que la viscosidad del CA disminuye a medida que incrementa la temperatura durante el ensayo. De acuerdo con la norma ASTM D6925, para la fabricación de probetas en el laboratorio, la viscosidad requerida para obtener la temperatura de fabricación y de compactación de mezclas asfálticas en caliente del tipo denso es de 85 ± 15 SSF = 170 cP y 140 ± 15 SSF = 280 cP respectivamente (para el caso de la Figura 1 estas temperaturas son de 142° C y 133° C respectivamente). A este método de determinación de las temperaturas de mezcla y compactación, la literatura de referencia la denomina como "principio de equiviscosidad", y a la fecha del presente reporte técnico, esta es la forma tradicional como se determinan dichas temperaturas. Para mezclas asfálticas drenantes o abiertas la temperatura de fabricación que se recomienda por lo general es aquella donde el ligante alcance una viscosidad entre 700 y 900 cP.

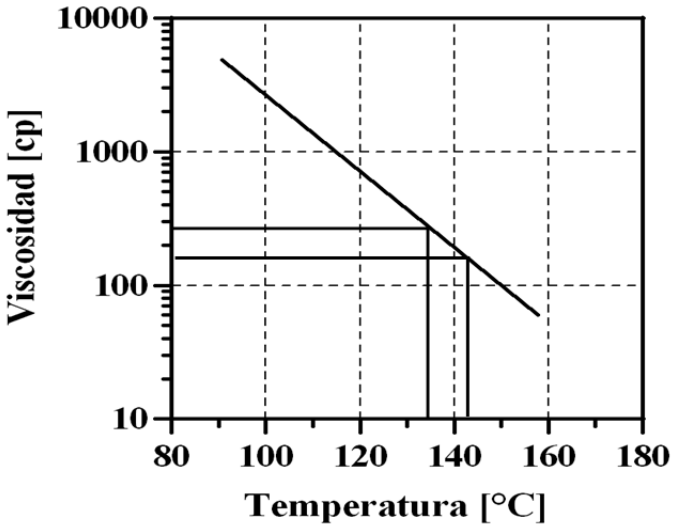


Figura 1. Evolución de la viscosidad con la temperatura (Rondón *et al*., 2011)

En términos generales, el método de equiviscosidad puede ser utilizado de manera confiable para el caso de asfaltos tradicionales o no modificados. Como ventajas, ofrece ser un procedimiento simple y rápido para determinar las temperaturas de fabricación y compactación de mezclas asfálticas en caliente. Sin embargo, el empleo de dicho método para el caso de asfaltos modificados no es confiable, debido principalmente a que el comportamiento de estos materiales es fuertemente dependiente de la velocidad de corte (fluido no newtoniano) y las temperaturas reportadas en muchas ocasiones son muy altas y no realistas, degradando las propiedades originales del ligante al oxidarlo y envejecerlo. Adicionalmente genera problemas de emisiones contaminantes a la atmósfera (Asphalt Institute, 1974; Shenoy, 2001; Shuler *et al*., 1992; Tang, 2006; Terrel, 1989). Por lo anterior, el Instituto del Asfalto recomendó reducir entre 14°C y 25°C las temperaturas de compactación de mezclas asfálticas modificadas. Sin embargo, de acuerdo con la (Bahia, 2006; Hensley, 1998; National Highway Institute, 1997) recomendación no tiene una base científica, sino que es producto de la experiencia.

Una nueva metodología utilizada en el mundo, para intentar determinar las temperaturas de fabricación y compactación de mezclas asfálticas en caliente modificadas, es empleando el concepto de Viscosidad de Corte Cero (ZSV por sus siglas en inglés). Este concepto es utilizado principalmente sobre asfaltos modificados que experimenten altas viscosidades y rigidez. En términos generales, ZSV es una medida de la viscosidad de un material, cuando el esfuerzo de corte que actúa sobre el mismo, se evalúa a una velocidad muy pequeña (tendiente a cero) (Zoorob, 2012). Algunos investigadores han cambiado la denominación de ZSV por Baja Viscosidad de Corte (LSV por sus siglas en inglés), ya que físicamente es imposible determinar la viscosidad de ligantes asfálticos con velocidad de corte igual a cero. Ambos conceptos han sido utilizados principalmente como indicadores de la resistencia a la deformación permanente de mezclas asfálticas modificadas en caliente (Choi, 2011; D'Angelo, 2004; Desmazes, 2000; Liao, 2011; Oscarsson, 2012; Said, 2011; Zoorob, 2012). Las temperaturas de mezcla y compactación empleando este concepto se obtienen cuando la viscosidad del ligante alcanza magnitudes de 3 ± 0.3 Pa-s y 3 ± 0.6 Pa-s, respectivamente, a una velocidad de corte de 0.001 Hz. Estas viscosidades pueden ser determinadas a través de ensayos como el de creep y oscilación o empleando equipos como el reómetro dinámico de corte (DSR por sus siglas en inglés) y viscosímetros rotacionales. De acuerdo con (West, 2010), utilizar el concepto ZSV para determinar las temperaturas de fabricación y compactación de mezclas asfálticas modificadas en caliente ofrece como ventajas:

1. Tiene en cuenta que el comportamiento de asfaltos modificados es fuertemente dependiente de la velocidad de corte.
2. Los ensayos para determinar ZSV son fáciles de ejecutar.

3. Por lo general se reportan menores temperaturas de fabricación y compactación, en comparación con otras metodologías como la equi-viscosidad.

A pesar de lo anterior, la literatura de referencia reporta como principales limitaciones de utilizar el concepto ZSV, las siguientes (Biro, 2009; De Visscher, 2004; Desmazes, 2000; Giuliani, 2006; West, 2010).

1. Es posible que no representen con precisión el comportamiento pseudo-plástico (disminución de la viscosidad y del esfuerzo cortante con la velocidad de deformación; denominado *Shear-Thinning* por sus siglas en inglés) de ligantes asfálticos modificados.
2. A bajas tasas de esfuerzo, se requiere extrapolación de los resultados.
3. Para algunos ligantes, las bajas temperaturas de fabricación y compactación obtenidas utilizando este concepto son irreales.
4. Dependiendo del ensayo ejecutado o el equipo utilizado para medir ZSV, los resultados pueden diferir significativamente.
5. Los resultados obtenidos son fuertemente dependientes de las condiciones de preparación de las muestras ensayadas.
6. En algunas ocasiones la repetitividad de los ensayos es pequeña.
7. Existe una dependencia de los resultados del aditivo modificador y del contenido del mismo.

West (2010) realizando una comparación de diferentes métodos utilizados para determinar las temperaturas de fabricación y compactación de mezclas asfálticas modificadas, concluyen que el denominado "Ángulo de Fase (*The Phase Angle Method*)" es el que mejor las determina. Los métodos evaluados en esta investigación, financiada y reportada por la NCHRP (*National Cooperative Highway Research Program,* Report 648), fueron el "*High Shear Rate Viscosity Method*", "*Equiviscous Method*", "*LSV Method*", "*Steady Shear Flow Method*", "*The Phase Angle Method*" y el "*Mixture Workability*".

De acuerdo con (Aguiar, 2012; West, 2010), el método del ángulo de fase δ es capaz de capturar la naturaleza viscoelástica del asfalto. De acuerdo con ellos, con un parámetro como el ángulo de fase se puede identificar cuando el asfalto se comporta como una material visco-elástico o puramente viscoso, y mencionan, que este cambio de comportamiento se genera cuando δ está entre 85° y 90°. Para la determinación de las temperaturas de fabricación y mezcla, el método utiliza DSR. En términos generales, el método consiste en elaborar curvas maestras de evolución del ángulo de fase, aplicando diferentes temperaturas (entre 50° C y 80° C) y frecuencias (entre 0.001 a 100 rad/s) sobre el asfalto (sin envejecer) ensayado. Una vez construida la curva maestra, se calcula la frecuencia angular (ω) para una temperatura de ensayo de 80° C y $\delta = 86°$. Durante el ensayo la deformación se mantiene en 12%. La temperatura de 80° C es seleccionada

debido a que permite observar claramente la variación del δ en asfaltos modificados. δ=86° fue seleccionado por (West, 2010) como un punto de referencia adecuado para ejecutar el método. Con el valor de ω (en rad/s) obtenido, se calculan las temperaturas de fabricación y compactación (T_{mezcla} y $T_{compactación.}$ respectivamente en °F) a través de las ecuaciones (1-2), las cuales fueron desarrolladas por (West, 2010) por medio de regresiones, usando T_{mezcla} y $T_{compactación}$ recomendadas para distintos grados de desempeño (Aguiar, 2012).

$$T_{mezcla} = 325\omega^{-0.0135}$$ **Ecuación 1**

$$T_{compactación} = 300\omega^{-0.012}$$ **Ecuación 2**

El método del ángulo de fase ofrece adicionalmente como ventajas:

- Por lo general se reportan menores temperaturas de fabricación y compactación, en comparación con otras metodologías como la equi-viscosidad.
- Provee temperaturas razonables de fabricación y compactación para una gran variedad de asfaltos modificados y sin modificar utilizados en los Estados Unidos de Norte América.

Es importante resaltar como observación final, que en términos generales, la literatura de referencia reporta que todos los métodos utilizados para determinar las temperaturas de fabricación y compactación de mezclas asfálticas en caliente tienen como limitación principal el hecho de que no tienen en cuenta la interacción asfalto – agregado pétreo.

Unidades de viscosidad: Algunas unidades de viscosidad son las siguientes:

- Viscosidad Saybolt Universal: segundos Saybolt Universal (SSU).
- Viscosidad Saybolt Furol (aceites, derivados petróleo): seg. Saybolt Furol (SSF).
- Viscosidad cinemática: 1 cm^2/s = stoke (st).
- Viscosidad dinámica o absoluta: 1 centi Poise (cP) = $cg\text{-}s/cm^2$.

La forma como se realiza la conversión entre las unidades mencionadas puede ser consultado en INVIAS – Instituto Nacional de Vías (2007t).

Equipos para medir viscosidad: Algunos equipos para medir la viscosidad de CA son los siguientes:

- Viscosímetro rotacional (AASHTO T 316 y ASTM D 4402; ver Figura 2): recomendado por el método SUPERPAVE para la caracterización PG del CA. El equipo mide el

torque necesario que un eje cilíndrico debe realizar a una muestra de CA para mantener fija una velocidad de rotación de 20 rpm a temperatura constante. Este torque luego es convertido a unidades de viscosidad.

- Copa Ford: mide el tiempo que un volumen definido de muestra fluye a través de una boquilla. Como desventaja del equipo se reporta que no controla temperatura y no funciona para evaluar viscosidad en fluidos no Newtonianos.
- *Falling Ball*: mide el tiempo que una bola estándar necesita para caer a través de una distancia de 10 cm. en un tubo con inclinación de 10°. La principal desventaja es que su aplicación se limita a fluidos Newtonianos livianos.
- Viscosímetro capilar: Mide el tiempo que una muestra necesita para fluir a través de un tubo. Como desventajas se reporta que es un ensayo demorado y ligantes asfálticos modificados se pueden atascar entre el tubo.



Figura 2. Viscosímetro rotacional de la Pontificia Universidad Javeriana

Reómetro dinámico de corte – DSR: el Reómetro Dinámico de Corte - DSR (por sus siglas en inglés de *Dynamic Shear Rheometer*; ver Figura 3) es utilizado principalmente para evaluar el comportamiento visco-elástico que experimenta el CA a intermedias y altas temperaturas de servicio. La prueba básica DSR utiliza una muestra de CA delgada (Figura 4) colocada entre dos placas circulares. La placa inferior es fija, mientras que la placa superior oscila hacia adelante y hacia atrás a través de la muestra a 10 rad/s (1,59

Hz para simular el efecto de un vehículo circulando a 90 km/h) para crear una acción de corte. El procedimiento de ensayo puede ser consultado en AASHTO T 315.



Figura 3. Reómetro dinámico de corte – DSR de la Pontificia Universidad Javeriana

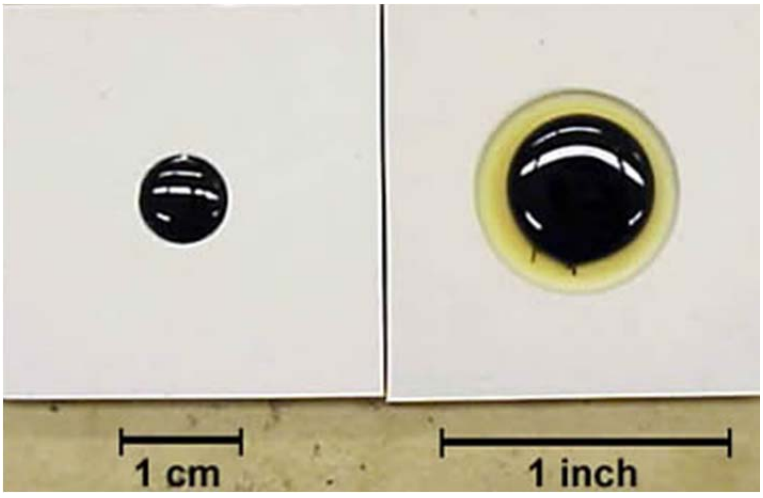


Figura 4. Muestra para el ensayo DSR
Fuente: http://pavementinteractive.org/index.php?title=DSR

En el DSR se miden dos parámetros fundamentales, el módulo complejo de corte (G^*) y el ángulo de fase (δ). G^* puede ser considerado como la resistencia del CA a deformarse por esfuerzos de corte repetidos, mientras que δ es el desfase entre el esfuerzo cortante aplicado y la deformación de corte resultante durante el ensayo (Figura 78).Entre mayor sea δ, el material es más viscoso. Un material que experimente un comportamiento totalmente elástico experimenta un $\delta = 0°$, mientras que uno puramente viscoso presenta $\delta = 90°$.

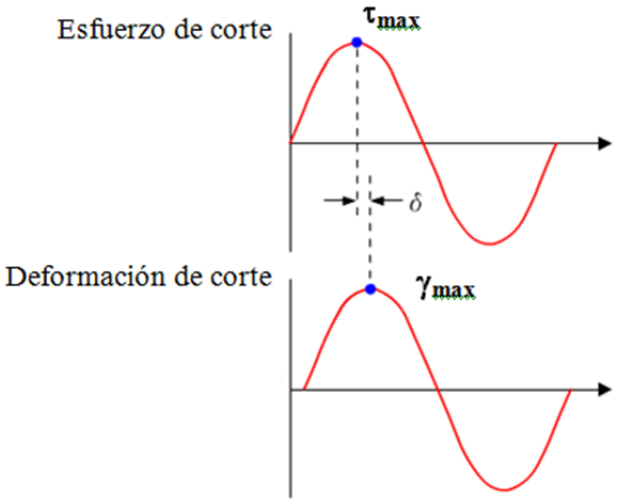


Figura 5. Ángulo de fase (Rondón *et al*., 2011)

Las variables G^* y δ son utilizados para intentar predecir ahuellamiento y agrietamiento por fatiga. Con el fin de evitar ahuellamiento en una mezcla asfáltica, el ligante asfáltico debe ser lo suficientemente rígido (bajo corte) y elástico, por lo tanto la relación $G^*/\sin\delta$ debe ser grande. $G^*/\sin\delta$ debe ser como mínimo 1 kPa y 2,2 kPa para un ligante sin y con envejecimiento en RTFOT respectivamente. Para evitar agrietamiento por fatiga, la mezcla deber elástica pero no tan rígida que se fragilice (la rigidez debe ser la suficiente para que la mezcla experimente un comportamiento dúctil), por lo tanto $G^*/\sin\delta$ debe ser mínima. Como máximo se admite $G^*/\sin\delta = 5.000\ kPa$.

2.1.2 Materiales para la elaboración de mezclas asfálticas

2.1.2.1 Cemento Asfáltico

El cemento asfáltico es un material viscoso que puede ser obtenido naturalmente o producido industrialmente por destilación del petróleo crudo, es aglutinante y flexible, y posee una viscosidad apropiada para los trabajos de pavimentación. El cemento asfáltico

se designa con las letras AC (por las siglas en inglés de *Asphalt Cement*) o CA, seguidos de un número que lo clasifica dependiendo de su consistencia; este número se obtiene por medio del ensayo de penetración (norma de ensayo INV E-706) y es medido en 1/10 mm. Las diferentes designaciones para el cemento asfáltico son:

- CA-40-50.
- CA-60-70.
- CA-80-100.
- CA-120-150.
- CA-200-300.

En Colombia el cemento asfáltico es producido por ECOPETROL en las refinerías de Barrancabermeja, Cartagena y Apiay. Los cementos asfálticos producidos por estas refinerías son del tipo CA-60-70 y CA-80-100. De acuerdo con las Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá, los cementos asfálticos en deben cumplir con los requisitos presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones del Cemento Asfáltico (Instituto de desarrollo urbano IDU, 2011a)

Característica	Unidad	Norma de ensayo	40-50		60-70		80-100	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
ASFALTO ORIGINAL								
Penetración	0.1 mm	INV E-706	40	50	60	70	80	100
Índice de penetración	-	-	-1,0	+1,0	-1,0	+1,0	-1,0	+1,0
Viscosidad a 60° C	Pa-s	ASTM D-4402	200	400	150	300	100	200
Viscosidad a 135° C	Pa-s	ASTM D-4402	0,27	0,65	0,22	0,45	0,15	0,40
Punto de ablandamiento	ºC	INV E-712	49	59	45	55	42	52
Ductilidad (25° C, 5 cm/min)	cm	INV E-702	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	INV E-713	99	-	99	--	99	-
Punto de ignición mediante copa abierta de Cleveland	° C	INV E-709	232	-	232	-	232	-
PRUEBAS AL RESIDUO (Ensayo del Horno de lámina asfáltica delgada en movimiento INV E-720)								
Pérdida por calentamiento	%	INV E-720	-	1,0	-	1,0	-	1,0
Penetración del residuo como % de la penetración original	0.1 mm	INV E-721	58	-	54	-	50	-
Incremento del punto de ablandamiento	° C	INV E-712	-	9	-	9	-	9
viscosidad a 60° C del residuo / viscosidad a 60° C del asfalto	-	INV E-716	-	5	-	5	-	5

Característica	Unidad	Norma de ensayo	40-50		60-70		80-100	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
original								
Contenido de ceras	-	-	Máximo 3%					

El ligante asfáltico es un material aglutinante con el cual se puede trabajar bajo susceptibilidad térmica; por esta razón, el comportamiento de sus propiedades depende de la temperatura con que se trabaje. El comportamiento del cemento asfáltico depende también del tiempo de aplicación de la carga (Speier, 1994). Estas dos características se pueden intercambiar como se muestra en la Figura 6.

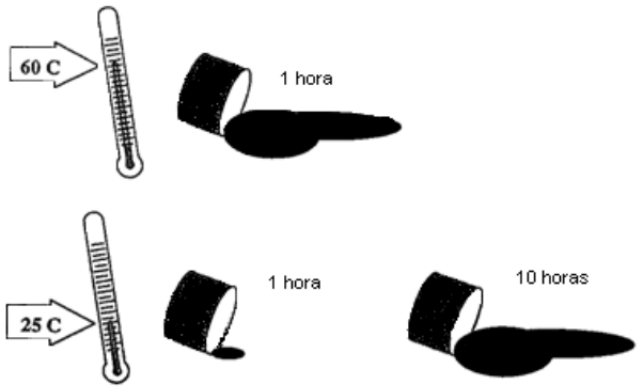


Figura 6. Comportamiento del Cemento asfáltico, bajo características de Temperatura y Tiempo (Speier, 1994)

2.1.2.2 Agregados Pétreos

Los materiales pétreos para la elaboración de mezclas asfálticas son por lo general de origen natural, los cuales son directamente extraídos de depósitos, o pueden ser materiales pétreos tratados, los cuales son agregados naturales que han sido clasificados en fracciones según su tamaño, lavados, y pueden ser cribados y/o triturados parcial o totalmente para mejorar sus características de comportamiento en la mezcla asfáltica (Oliveros y Caicedo, 2010).

La textura de los agregados es importante para la mezcla; por ejemplo, si es rugoso y con buena cubicidad, tienen más resistencia que los agregados lisos (Speier, 1994). Debido a que las partículas angulares tienden a trabarse entre sí, esto les da consistencia, a diferencia de las redondeadas, las cuales tienden a deslizarse unas sobre otras. La textura afecta la mezcla cuando la masa de agregados es cargada, generando un plano

por el cual las partículas tienden a ser desplazadas (Garnica *et al*., 2004); es en este plano donde los esfuerzos exceden la resistencia al corte de la masa del agregado, y es en ese momento cuando la resistencia del agregado es importante para el desempeño de una carpeta asfáltica, ya que provee en gran medida la resistencia a la deformación permanente de la mezcla (Garnica, *et al*., 2004).

2.1.3 Caracterización dinámica de mezclas asfálticas

2.1.3.1 Fatiga

Los materiales se pueden romper si se aplica de manera repetitiva un gran número de solicitaciones cuya amplitud sea menor a su resistencia a la ruptura instantánea. Este fenómeno de fatiga es muy importante en las distintas construcciones, como por ejemplo: la solicitación por flexión de una pieza rotante, la solicitación de los materiales de vías debido al paso repetido de vehículos pesados, las solicitaciones provenientes de los fenómenos de vibración (estructuras de un avión), etc.

Numerosos estudios han sido realizados sobre los metales y ya se tienen conocimientos muy importantes sobre este material. El comportamiento de la fatiga de un material consiste en someter una probeta a solicitaciones repetitivas e idénticas para determinar el número de repeticiones que la llevan a la ruptura. La curva resultante se conoce como la curva de Wöhler (Figura 7).

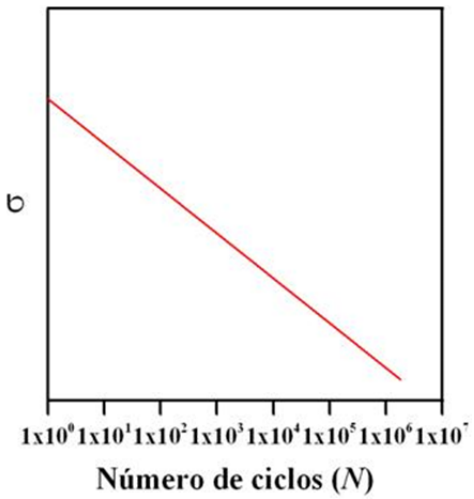


Figura 7. Curva de Wöhler. σ es el esfuerzo cíclico aplicado al material en función del número de ciclos (Rondón *et al*., 2011)

Se llama resistencia a la fatiga para N ciclos de carga, el valor de la solicitación para la cual la probeta soportaría N ciclos antes de romperse. El número de ciclos antes de la ruptura se llama duración de vida, su representación esquemática es:

$\sigma = AN^{-\gamma}$ (una recta en escala logarítmica) **Ecuación 3**

$\sigma = a - bln(N)$ (una recta en escala semi-logarítmica) **Ecuación 4**

En los materiales tales como aceros, se constata que con un cierto valor de la amplitud de la solicitación de ruptura, se le puede aplicar un número infinito de veces sin que ella se presente, esta solicitación se llama límite de fatiga. Para ciertos materiales como son las mezclas bituminosas, nunca se les ha podido evidenciar este límite, y puede haber fatiga para cualquier valor de la amplitud de la solicitación.

La determinación experimental de la curva de Wöhler es complejo, porque repitiendo muchas veces el ensayo de fatiga sobre probetas idénticas el número de ciclos a la ruptura es disperso. La duración de vida constatada para los metales, bajo la aplicación de una misma solicitación y repitiendo el ensayo sobre una centena de probetas, ha dado como resultado entre la más baja y la más alta duración, una relación de 1 a 10. Para los concretos bituminosos de 1 a 50, y de 1 a 1000 para los materiales tratados con ligantes hidráulicos. Lo anterior es una característica fundamental inherente al fenómeno de la fatiga, y no una dispersión que provenga únicamente de una insuficiencia de los métodos de ensayo o de una mala reproducción en la fabricación de las probetas.

Para determinar una curva de Wöhler que representa la duración de vida media en función de la amplitud de solicitación aplicada, se puede realizar una curva que presente la duración de vida a cierta probabilidad de falla (p. ej. 98%). Esta curva tiene una importancia práctica más grande que la curva de duración de vida media. Un material que presente una duración de vida poco dispersa puede ser preferible, aún si su duración de vida media es más baja con respecto a otro, puesto que tendrá un comportamiento más confiable.

De acuerdo con Rondón y Reyes (2011, 2012), el fenómeno de fatiga es uno de los principales mecanismos de daño de mezclas asfálticas en servicio, ocurre en las capas ligadas del pavimento, y para el caso de estructuras flexibles, se presenta cuando se generan valores elevados de deformación a tracción en la zona inferior de la capa asfáltica producto de las cargas impuestas por el parque automotor (cargas repetidas). El paso continuo de vehículos hace que la capa asfáltica flexione, generando esfuerzos de tensión en el extremo inferior de la misma. Esta repetición de carga hace que la mezcla asfáltica pierda rigidez y origina la aparición de deformaciones plásticas a tracción que a su vez conducen a la formación de micro-fisuras. Ante la continuidad de las repeticiones

de carga y la disminución de la rigidez se produce la coalescencia de las micro-fisuras que lleva a la formación de una fisura visible (macro-fisura) a nivel de la rasante. Una vez aparezca superficialmente la grieta, la vida del pavimento disminuye de manera exponencial porque penetra más fácilmente el agua y el aire. Otra forma de ocurrencia del fenómeno de agrietamiento por carga ocurre cuando se generan esfuerzos y deformaciones de tensión muy altos en las zonas adyacentes o vecinas a las llantas de los vehículos cuando éstos circulan sobre la capa asfáltica. Estas deformaciones de tensión generan grietas que se propagan de "arriba hacia abajo" en la capa asfáltica y a este fenómeno la literatura de referencia lo denomina como "top-down cracking (TDC)". Este fenómeno de agrietamiento tipo TDC también se genera por efecto de endurecimiento del ligante asfáltico cuando las mezclas asfálticas envejecen por efectos del medio ambiente, y por dos fenómenos térmicos: agrietamiento por bajas temperaturas y fatiga térmica. En el agrietamiento por baja temperatura, el esfuerzo interno que se induce genera fisuración cuando dicho esfuerzo es superior a la resistencia de la mezcla.

Para el caso de la fatiga térmica, son los gradientes de temperatura los que generan cambios en los esfuerzos internos (los cuales son cíclicos, y se repiten en el tiempo), y si dichos esfuerzos son mayores a la resistencia de la mezcla, éstos generan el agrietamiento. La grieta que se forma por ambos fenómenos se observa por lo general en el sentido transversal a la dirección de los vehículos. El primero de estos fenómenos ocurre, por lo general, con temperaturas inferiores a -7° C, mientras que la fatiga térmica tiende a ocurrir entre -7° y 21° C. Este tipo de fatiga ocurre principalmente en materiales con comportamiento viscoso cuyas propiedades mecánicas y reológicas dependen de la temperatura y la velocidad de carga. Si el fenómeno de fatiga es debido a cargas que generan flexión de la capa asfáltica, las macro-fisuras se originan en el extremo inferior de la capa asfáltica (zona donde el esfuerzo de tensión es mayor), y se propagan de manera ascendente hacia la superficie del pavimento en donde se reflejan como fisuras paralelas direccionadas en el sentido longitudinal de la vía, las cuales ante la repetición de las cargas de tránsito se propagan formando piezas angulares que desarrollan un aspecto parecido a la piel de cocodrilo (ver Figura 8). Si este fenómeno ocurre por temperatura, el efecto de propagación de fisuras se dará de manera contraria, esto es, las micro-fisuras se generan por lo general transversalmente a la vía desde la rasante y se extiende hacia la fibra inferior de la capa asfáltica.



Figura 8. Agrietamiento tipo piel de cocodrilo (Rondón *et al*., 2011)

Usualmente se reconocen dos fases de daño durante el fenómeno de agrietamiento por fatiga. La primera fase, denominada fase de iniciación, corresponde a la aparición y propagación de una red de micro-fisuras, las cuales se extienden de manera uniforme en la mezcla asfáltica generando disminución de la rigidez de la misma. Durante la segunda fase, llamada fase de propagación, se presenta la unión de las micro-fisuras y por lo tanto la aparición de fisuras de mayor tamaño (macro-fisuras) que se propagan dentro del material. La aparición y la velocidad de avance de cada una de las fases de daño dependen principalmente de la rigidez de la mezcla asfáltica. En una mezcla asfáltica muy rígida, la aparición de la primera fase de daño es tardía, pero una vez ésta ha iniciado, la aparición y el avance de la segunda fase de daño ocurren rápidamente. En una mezcla de baja rigidez ocurre el caso contrario, pues aunque la primera fase del daño por fatiga inicia rápidamente, la aparición y el avance de la segunda fase ocurren de manera muy lenta.

En general, los ensayos de fatiga de mezclas asfálticas consisten en someter una muestra, de geometría específica, a solicitaciones repetitivas e idénticas para determinar el número de ciclos de carga que puede soportar. Este número de ciclos de carga soportados antes de la falla se denomina vida a la fatiga. La respuesta a la fatiga de mezclas asfálticas se ve afectada principalmente por:

- Métodos de compactación de la muestra.
- Modo de carga y el tipo de ensayo aplicado.
- Parámetros de diseño de la mezcla.

- Variables asociadas al medio ambiente.

Los métodos de ensayo que se emplean para medir el comportamiento a la fatiga del concreto asfáltico pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Ensayos de flexión simple.
- Ensayos de flexión con apoyos (ver Figura 9).
- Ensayos axiales directos.
- Ensayos diametrales (ver Figura 10).
- Ensayos triaxiales.
- Ensayos de pistas a escala real (ver Figura 11).

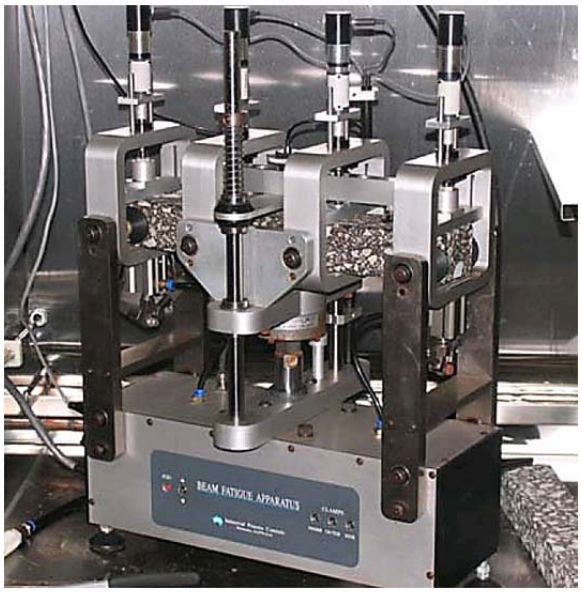


Figura 9. Flexión en cuatro puntos (Jenkins, 2008).

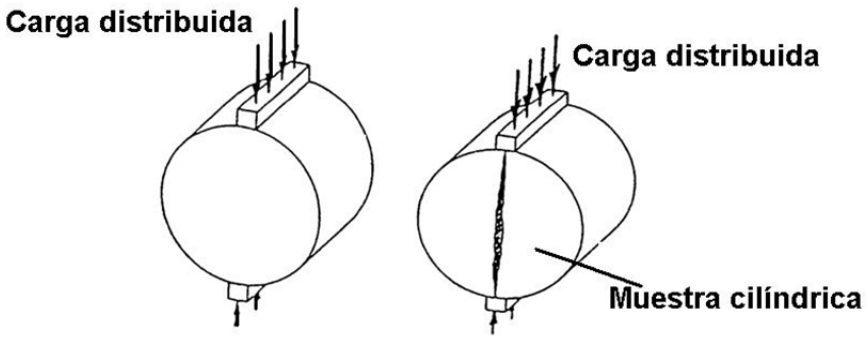


Figura 10. Configuración de carga y falla en el ensayo diametral (Kennedy, 1977)



Figura 11. Carrusel de fatiga de la Universidad de Los Andes (Caicedo *et al.*, 2000)

Para el caso de mezclas asfálticas, los ensayos de ley de fatiga son realizados en tracción por flexión sobre probetas trapezoidales empotradas en la base, repitiendo un nivel de esfuerzo o de deformación hasta la ruptura. También pueden realizarse sobre muestras sometidas a tracción directa o indirecta bajo carga cíclica. La temperatura del ensayo es de 10° C y la frecuencia de 25 Hz. Existen dos clases de ensayos:

- Bajo esfuerzo controlado: el ensayo se realiza aplicando un esfuerzo σ_o en la cabeza de la probeta, el cual se mantiene constante durante el ensayo. En este caso, y teniendo en cuenta el daño de la probeta, el desplazamiento de la cabeza de la probeta crece constantemente durante el ensayo.
- Bajo deformación controlada: este ensayo, el cual se realiza manteniendo un nivel de deformación constante, es menos disperso que el ensayo realizado a esfuerzo constante.

Los ensayos de fatiga son generalmente efectuados a deformación (ε) constante. La curva de fatiga es lineal en la escala logarítmica (Figura 12). El $log(\varepsilon)$ es función lineal del logaritmo del número de ciclos, es decir, $\varepsilon = AN^{-b}$ con $1/b$ como la pendiente de la curva la cual es aproximadamente igual a 1/5 para materiales bituminosos. Para niveles de solicitación idénticos, el ensayo con esfuerzo constante es más severo que el ensayo de deformación constante, es decir que la ruptura de la probeta se da antes. Para el caso del ensayo bajo deformación constante, la ruptura no se observa realmente al final del ensayo, pero se define una ruptura convencional cuando el desplazamiento en la cabeza de la probeta tiene un valor del doble de lo establecido al inicio del ensayo. Las propiedades de los materiales bituminosos están muy ligadas a la temperatura. Los ensayos más comunes se efectúan a 10° C, pero pueden ser realizados a otras

temperaturas. Diversos estudios muestran que la deformación ε_6 que conduce a la ruptura a $N = 10^6$ ciclos está ligada efectivamente a la temperatura.

La deformación a tracción (ε_t) que experimentan las mezclas son función de la temperatura (θ). Este tipo de deformación crece con el aumento de temperatura y a partir de 0° C se observa que sobre una escala de temperatura la función $\varepsilon_t(\theta)\sqrt{E(\theta)}$ permanece constante (E es la rigidez o módulo dinámico).

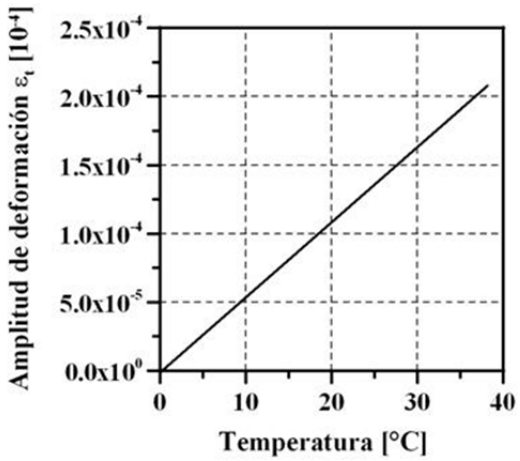


Figura 12. Deformaciones admisibles a N = 10^6 ciclos en función de la temperatura, para una grava bituminosa 0/20 (Rondón *et al*., 2011)

El ensayo de fatiga no es el único ensayo de tipo mecánico que se efectúa sobre materiales bituminosos. Los ensayos convencionales de compresión simple o diametral (ensayo Brasilero) son también útiles, pero a diferencia de lo que se constata para materiales hidráulicos, este no permite hacer una ley de fatiga para materiales hidrocarbonados. Este ensayo consiste en imponer un desplazamiento ε a la probeta que se va a estudiar, asociando al ensayo tres velocidades de deformación y tres temperaturas lo que permite una estimación de la deformación ε_6 a 10^6 ciclos y a 10° C.

Desde el año 1995 con la adquisición del *Nottingham Asphalt Tester* (NAT; ver Figura 13 y Figura 14) por parte del Laboratorio de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana, los ensayos de fatiga se realizan por medio de la teoría Inglesa a tracción indirecta. El NAT básicamente es un equipo diseñado para medir y obtener propiedades mecánicas de materiales asfálticos usados en pavimentación por medio de una rutina simple.

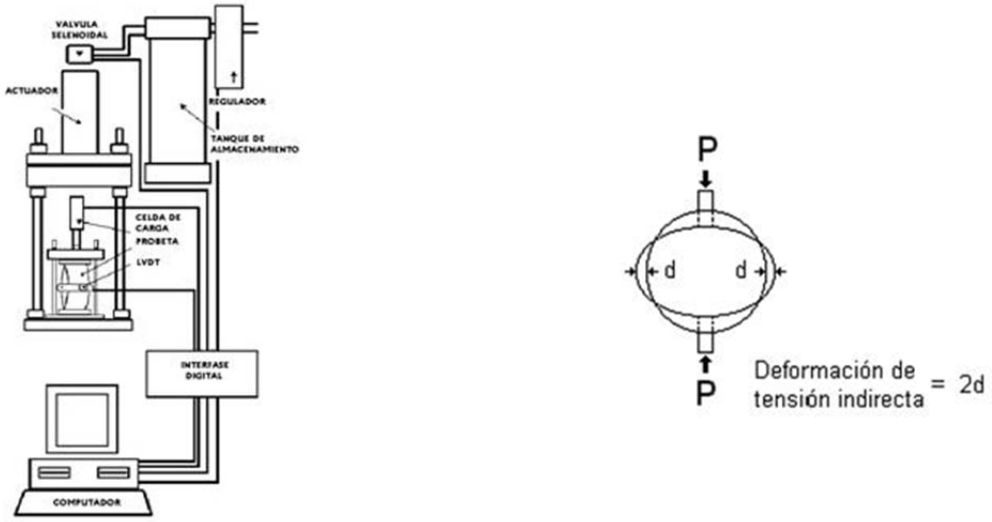


Figura 13. Diagrama del mecanismo del NAT y principio de tracción indirecta (Rondón *et al*., 2011)

El principio del NAT es el de someter un espécimen cilíndrico a cargas repetitivas de compresión con una señal de carga a través del plano vertical diametral hasta la falla. Este equipo usa probetas cilíndricas de 100 o 150 mm de diámetro y se constituye por:

- Celda de Carga: Constituida por un actuante neumático y un transductor de carga capaz de aplicar cargas verticales desde 0 a 4,3 kN. Aplica una carga de compresión a lo largo del diámetro en el plano vertical de la probeta cilíndrica, induciendo un esfuerzo indirecto de tensión (y por lo consiguiente una deformación) a lo largo del diámetro en el plano horizontal.
- Captura e interpretación de datos: la carga y los pulsos de deformación son registrados por el sistema y cada pulso de carga es analizado por el software para determinar el valor de la carga máxima (P). Las probetas son conectadas a un mecanismo que contiene transductores de deformación tipo LVDT (por sus siglas en inglés de *Linear Variables Differential Transformers*), una interfase electrónica de alta resolución con tarjeta de velocidad multifuncional de 16 bits los cuales se conectan paralelamente para enviar la información obtenida por la deformación ejercida dentro de la celda de carga a la unidad de cómputo. La interfase electrónica contiene acondicionadores de señal para los transductores de carga, dos termocuplas y dos transductores de deformación. Durante el ensayo, la carga y los pulsos de deformación son registrados por el sistema y cada pulso de carga es analizado por el software para determinar el valor de la carga máxima y el intervalo de tiempo entre el comienzo del pulso de carga y el punto en el cual la máxima carga ocurre (*rise time*). El pulso de deformación es analizado para determinar la amplitud de la onda de deformación.

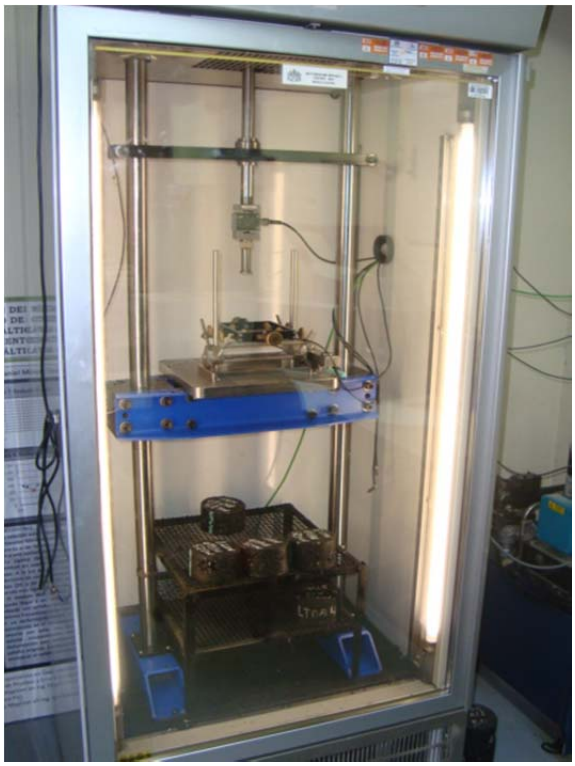


Figura 14. Nottingham Asphalt Tester de la Pontificia Universidad Javeriana

La máxima deformación o esfuerzo de tensión (opcional) en el centro de la probeta se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_o = \frac{2P}{\pi t D} \qquad \textbf{Ecuación 5}$$

$$\varepsilon_o = \left(\frac{2\Delta H}{D}\right)\left(\frac{1+3\upsilon}{(4+\pi)(\upsilon-\pi)}\right) \qquad \textbf{Ecuación 6}$$

Si $\upsilon = 0.35$ entonces:

$$\varepsilon_o = 2.1\frac{\Delta H}{D} \qquad \textbf{Ecuación 7}$$

Dónde:

σ_o : Esfuerzo a tensión en el centro de la probeta en MPa.
P : Carga máxima en N.
t : Espesor de la probeta en mm.
D : Diámetro de la probeta en mm.

ε_o : Deformación por tensión en el centro de la probeta en μm.
ΔH : Desplazamiento horizontal en mm.

- Visualización de los datos: Los ensayos son realizados a esfuerzo controlado o deformación controlada y los resultados pueden convertirse a una hoja de cálculo simple. El criterio de fatiga para un material bituminoso se determina de varias probetas falladas. Se usa el método del logaritmo de los mínimos cuadrados.

$$log(N_f) = k + nlog(\varepsilon_o)$$ **Ecuación 8**

$$N_f = k\left(\frac{1}{\varepsilon_o}\right)^n$$ **Ecuación 9**

Dónde:
N_f : Número de repeticiones de carga.
k, n : Constantes del material.
ε_o : Deformación por tensión en el centro de la probeta en μm.

Algunos años después, dada la experiencia y los estudios realizados en Francia por parte del Ing. Fredy Reyes en la Universidad Javeriana en 2005, se aplicó la teoría del método de ensayo en flexión alternada; este método consiste en utilizar probetas bajo la forma de vigas colocadas sobre apoyos simples o empotradas, las cuales se someten a una oscilación forzada de frecuencia dada. Por medio de fórmulas de resistencia de materiales, se deducen las relaciones entre esfuerzo y deformación, construyendo un prototipo para el estudio de las leyes de fatiga denominado Banco de Fatiga. Este equipo utiliza probetas trapezoidales de dimensiones h = 25 cm, e = 2,5 cm, B = 7,5 cm, y b = 2,5 cm, las cuales se empotran por su base mayor (B) (Figura 15 a la Figura 17).

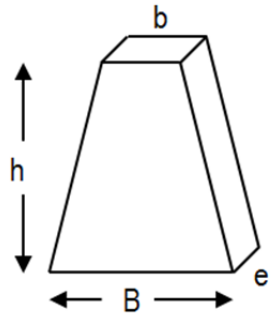


Figura 15. Esquema de las probetas trapezoidales utilizadas en el banco de fatiga (Rondón *et al*., 2011)

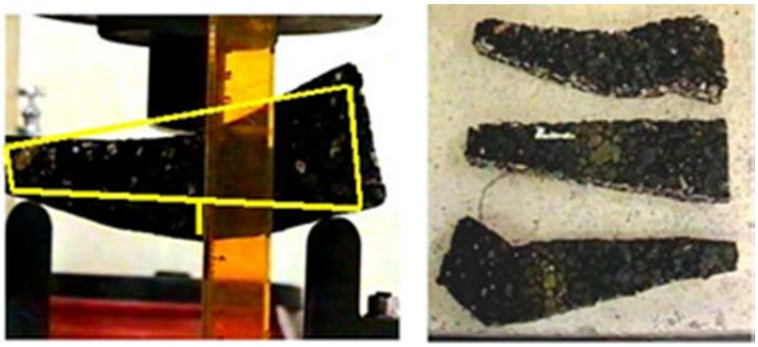


Figura 16. Probetas falladas en el Banco de Fatiga (Rondón *et al*., 2011)



Figura 17. Banco de fatiga de la Pontificia Universidad Javeriana

El esquema constitutivo del mecanismo descrito consta de:

- Dispositivo mecánico central: Esta parte del banco de fatiga está compuesta por un macizo de concreto, cimiento del equipo, el cual soporta la mayor parte de éste (motor y montaje mecánico). Sobre él se instala una base metálica destinada a materializar la sección del empotramiento, donde reposarán las probetas, esta base se diseña para resistir las solicitaciones que la probeta transmite.
- Rama de generación de la vibración: La compone el motor (que trabaja a 220 voltios de tensión), un variador electrónico de velocidad, el cual permite regular la velocidad, el sentido de giro del eje de motor de 0 a 60 Hz y un dispositivo

mecánico de vibración el cual se divide en dos partes: la primera que está constituida por un acople cónico que enlaza el eje del motor con el sistema de masa excéntrica, la cual genera el movimiento mecánico, ésta va sujeta a un brazo que permite el rodaje eliminando la fricción y permite el movimiento. La segunda se vincula mecánicamente a la primera parte descrita por medio de un brazo que facilita el desplazamiento aproximado de 1mm en la cúspide de las probetas, a otro mecanismo diseñado para producir movimiento en la cabeza de las probetas conectándose al macizo de fundación por medio de un sistema de anclaje químico acorde con el peso del artefacto mecánico total y el tipo de vibración del sistema. Dentro de esta misma rama se encuentran las terminales de vibración que por medio de un desplazamiento de carácter sinusoidal dirigido a la cabeza da las probetas, transmiten la vibración. Cuentan con la presencia de un sistema de láminas aceradas que conforman un sistema con flexibilidad tal, que produce un desplazamiento horizontal en la parte superior de las probetas y así evita solicitaciones de torque ó giros en dichas secciones y fija la probeta de material.

- Captura e interpretación de datos: La fuerza transmitida a la cabeza de las probetas es registrada por celdas de carga con capacidad de 2000 N a tensión-compresión, con sensibilidad de medida de 3,099 mv/v y se ubican en cada una de las terminales de vibración.

La metodología para la formulación y obtención de las deformaciones, esfuerzos y módulos con los datos obtenidos de la vibración de las probetas se realiza por medio de la aproximación de Rayleigh así:

$$\varepsilon_x^+ = \frac{h_o - h_i}{2LR_{(n)}} \cdot \frac{x-a}{x^2} \cdot Z_{(a)}^+ \qquad \textbf{Ecuación 10}$$

$$R_{(n)} = n \cdot \left(\frac{2-n}{2}\right) - log\left(n - \frac{3}{2}\right) \qquad \textbf{Ecuación 11}$$

$$n = \frac{h_i}{h_o} = \frac{a}{L} \qquad \textbf{Ecuación 12}$$

Dónde:

ε_x^+ : Deformación en la fibra extrema de una sección de abscisa x.
h_o : Base mayor del trapecio.
h_i : Base menor del trapecio.
L : Altura de la probeta.
$Z_{(a)}^+$: Movimiento del extremo libre de la probeta.

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot h \cdot 2\sin^3 \alpha \cdot \cos \alpha}{2 \cdot I \cdot 3(\alpha - \sin \alpha \cdot \cos \alpha)} = \frac{\beta M h}{2I}$$ **Ecuación 13**

Dónde:

M : Momento flexor ($P \cdot X$).

X : Distancia del origen de coordenadas a la sección más solicitada.

h : Largo de la sección de la probeta en la porción más solicitada ($2X \tan \alpha$).

α : Angulo que define el ahusamiento de la cuña.

I : Inercia de la probeta.

El módulo se logra simplificar por medio de la ecuación:

$$E = \frac{\sigma_t}{\delta_t}$$ **Ecuación 14**

Dónde:

σ_t : Esfuerzo por tensión.

δ_t : Deformación por tensión.

La Tabla 2 resume las principales diferencias observadas entre los ensayos de fatiga bajo esfuerzo controlado y deformación controlada.

Tabla 2. Comparación de los ensayos de fatiga bajo esfuerzo controlado y deformación controlada (Rondón y Reyes, 2011, 2012).

	Esfuerzo controlado	Deformación controlada
Evolución durante el ensayo	Aumento de la deformación	Disminución del esfuerzo
Criterio usual de falla	Rotura de la muestra	Perdida de la mitad de la rigidez inicial
Vida a la fatiga	Más corta	Más larga
Dispersión de los resultados	Más baja	Más alta
Aumento de la temperatura	Disminución de la vida	Aumento de la vida
Aumento del módulo de rigidez	Aumento de la vida	Disminución de la vida
Efecto del tiempo de receso	Mayor efecto benéfico	Menor efecto benéfico
Duración de la propagación de las macro-fisuras	Corta	Larga
Crecimiento del daño	Más rápido de lo que ocurre in situ	Más representativo de lo que ocurre in situ

2.1.3.2 Módulo dinámico

La principal característica reológica que presentan los materiales bituminosos es que su respuesta mecánica bajo cargas cíclicas depende de la velocidad con que ésta se aplique y de la temperatura (comportamiento viscoso). Se dice que el comportamiento de estos materiales es viscoelástico. Esta propiedad se explica por la dependencia del módulo de la frecuencia de aplicación de la carga: el módulo es elevado cuando el material es sometido a una solicitación rápida (cuando la calzada sufre el paso del vehículo que circula a una velocidad normal). El módulo es bajo cuando el material es sometido a una solicitación lenta (vehículos rodando a velocidades muy bajas o estacionadas). La segunda variable que influye sobre el módulo de un material bituminoso es la temperatura, donde con altas temperaturas el módulo disminuye. Los otros parámetros que influyen sobre el comportamiento de un material bituminoso son su composición, compacidad y naturaleza.

Para el caso de una mezcla asfáltica, en un ensayo de flexión dinámica, el esfuerzo inducido es de la forma $\sigma(t) = \sigma_o \sin(\omega t)$ (σ es el esfuerzo, t es el tiempo de aplicación de la carga, ω es la frecuencia). Teniendo en cuenta un carácter viscoelástico del material, la deformación tiene un retardo sobre el esfuerzo que se traduce por un ángulo de desfaseφ, por lo tanto se tiene que $\varepsilon(t) = \varepsilon_o \sin(\omega t + \varphi)$ (ε es la deformación). En notación imaginaria el módulo se escribe:

$$E^*(i\omega) = |E^*| \cdot exp(i\omega) = E_1 + iE_2 \qquad \textbf{Ecuación 15}$$

Este módulo complejo E^* se puede caracterizar por $|E^*| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ el cual es llamado módulo de rigidez. El ensayo de flexión dinámica que permite definir un módulo se efectúa sobre probetas trapezoidales empotradas en la base.

En la representación de las curvas isotérmicas del módulo complejo aparece sobre ellas que la influencia de la frecuencia de la carga es más fuerte para las altas temperaturas que para las bajas (Figura 18).

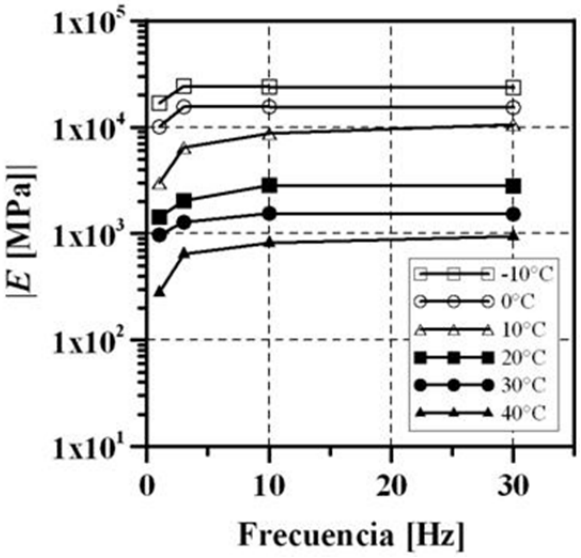


Figura 18. Influencia de la frecuencia de las cargas en el Módulo de un material Bituminoso (Rondón *et al*., 2011)

La influencia de la temperatura sobre el módulo es muy importante porque el módulo se divide aproximadamente por 10 cuando la temperatura varía de 10° C a 40° C. El cálculo de la frecuencia se calcula a partir del estudio de la variación de la deformación ε en un punto A en el tiempo t con el paso de la carga rodante. La frecuencia de solicitación (f) depende de la distancia entre los dos extremos y de la velocidad de carga (Figura 19).

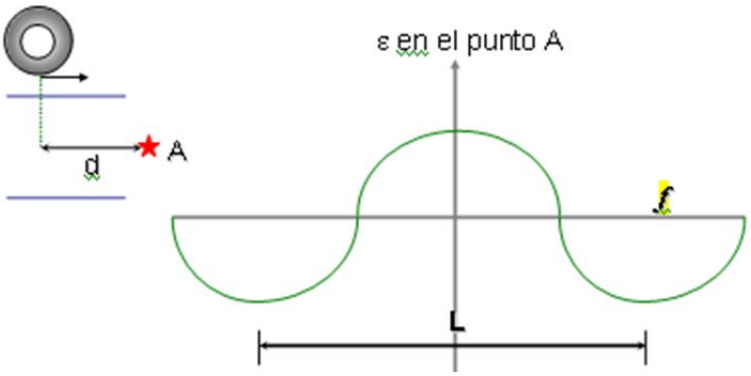


Figura 19. Efecto de la aplicación de una carga rodante sobre un pavimento (Rondón *et al*., 2011)

El valor del módulo a 30° C permite tener una idea de la susceptibilidad del material al ahuellamiento. Este ensayo permite obtener rápidamente información sobre el comportamiento en fatiga de materiales extraídos de la calzada siempre y cuando el espesor de la capa sea superior a 8 cm (ver Tabla 3).

Tabla 3. Valores del Módulo y ε_o dependiendo de la Estructura, a 10^6 ciclos

Material	E (MPa)	ε_o
Concreto Bituminoso	6000	$160x10^{-6}$
Gravas - Bituminosas	8000	$120x10^{-6}$

La curva de fatiga tiene una pendiente b igual a 5, es decir que por cada 10^N ciclos de carga, la deformación a la ruptura está dada por:

$$\varepsilon_N = \varepsilon_6 \left(\frac{10^6}{N}\right)^{-0.2}$$ **Ecuación 16**

La rigidez de una mezcla asfáltica afecta su comportamiento a la fatiga; por ejemplo, una capa asfáltica delgada (inferior a 6 cm) y muy rígida en clima de baja temperatura no presenta un buen comportamiento a la fatiga porque se torna frágil y quebradiza, mientras que mezclas de alta rigidez experimentan alta resistencia al ahuellamiento. Una mezcla asfáltica de baja rigidez presenta buen comportamiento a la fatiga, pero no se comporta bien al ahuellamiento. Por lo tanto debe existir un equilibrio en la rigidez de la mezcla asfáltica que garantice el buen comportamiento de la misma frente a estos dos mecanismos de falla en pavimentos flexibles.

2.1.3.3 Deformación plástica

De acuerdo con Rondón y Reyes (2011, 2012), el fenómeno de ahuellamiento es uno de los principales mecanismos de daño de capas asfálticas en estructuras de pavimentos flexibles y semi-rígidos. Este fenómeno puede ser definido como la deformación vertical permanente que se va acumulando en el pavimento debido al paso repetitivo de los vehículos, el cual genera la formación de delgadas depresiones longitudinales a lo largo de la trayectoria de las llantas (ver Figura 20). Este fenómeno puede generar fallas estructurales o funcionales en el pavimento, y ocurre en cualquier capa de la estructura. El ahuellamiento es afectado principalmente por tres factores: tipo de mezcla asfáltica (gradación, grado de desempeño PG del ligante, contenido de asfalto, entre otras), tipo de carga (presión de inflado de la llanta, y tipo de eje), y ambiente (temperatura, humedad, precipitación). En la Tabla 4 se resumen los principales factores que afectan el fenómeno de ahuellamiento de mezclas asfálticas. Adicionalmente se presenta la influencia que tiene el cambio de dichos factores sobre el aumento o la disminución de las deformaciones permanentes en estos materiales.



Figura 20. Ahuellamiento en la carpeta de rodadura del pavimento de la calle 80 en Bogotá en los paraderos de los buses (Caro *et al*., 2003)

Tabla 4. Factores que afectan el fenómeno de ahuellamiento en mezclas asfálticas

	Factor	Cambio en el factor	Efecto sobre la resistencia al ahuellamiento
Agregados pétreos	Textura superficial	Liso a rugoso	Incrementa
	Forma	Redonda a angular	Incrementa
	Tamaño	Incremento en tamaño máximo	Incrementa
Ligante asfáltico	Rigidez	Incremento	Incrementa
Mezcla	Contenido de ligante	Incremento	Disminuye
	Contenido de vacíos	Incremento	Disminuye
	Grado de compactación	Incremento	Incrementa
Condiciones de campo	Temperatura	Incremento	Disminuye
	Esfuerzo/deformación	Incremento	Disminuye
	Repeticiones de carga	Incremento	Disminuye
	Agua	Seco a húmedo	Disminuye

Los métodos de ensayo que se emplean para medir el comportamiento a la deformación plástica del concreto asfáltico pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Ensayos de esfuerzos uniaxiales ejecutados sobre muestras cilíndricas inconfinadas bajo carga monotónica, en creep (fluencia) o cíclica (ver Figura 21).

- Ensayos de esfuerzos triaxiales ejecutados sobre muestras cilíndricas confinadas bajo carga monotónica, en creep o cíclica (ver Figura 22).
- Ensayos diametrales o de tensión indirecta ejecutados bajo carga cíclica o en creep (ver Figura 23).
- Ensayos del tipo “Wheel-Track” o de deformación a pequeña escala como el empleado en el presente proyecto. Las muestras en estos ensayos son losas prefabricadas y en ellas se mide la deformación que experimenta una mezcla asfáltica en función del número de ciclos aplicados (ver Figura 24).
- Ensayos de corte simple bajo la aplicación de carga en creep, cíclica y dinámica.
- Ensayos de tomografía con rayos X.
- Ensayos a escala real (ver Figura 25).



Figura 21. Esquema de un ensayo uniaxial de creep (Garnica *et al*., 2002)



Figura 22. Equipo AMPT - Asphalt Mixture Performance Tester

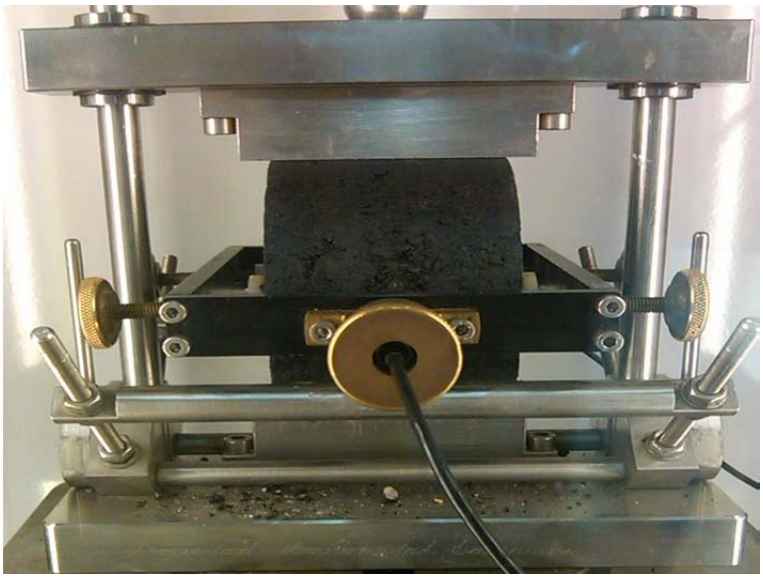


Figura 23. Esquema de un ensayo de tracción indirecta



Figura 24. Ensayo de pista a pequeña escala de la Pontificia Universidad Javeriana



Figura 25. Carrusel de fatiga del LCPC (LCPC, 2007)

La deformación plástica o ahuellamiento de los pavimentos asfálticos consiste en el deterioro gradual de la superficie y se manifiesta como una depresión bajo las bandas de circulación vehicular. Las causas que determinan la aparición de huellas en una estructura de pavimento son:

- La formación y acumulación de deformaciones plásticas en la base de las capas de materiales asfálticos.

- La disgregación de las capas de materiales granulares ante la aplicación de grandes esfuerzos verticales.

En el caso de las mezclas asfálticas, se ha demostrado que los principales factores que determinan la formación de huellas son la magnitud y frecuencia de la aplicación de carga y la temperatura. Adicionalmente, se ha comprobado que las características reológicas del ligante asfáltico de la mezcla también influyen significativamente en el comportamiento plástico de estos materiales.

En una estructura de pavimento, la magnitud y la frecuencia de aplicación de la carga están directamente relacionadas con su nivel de servicio, con su ocupación vehicular (TPD, tránsito promedio diario) y con la velocidad promedio de los vehículos. La variación de la temperatura altera las características y el comportamiento mecánico del material, disminuyendo la capacidad estructural del pavimento. Así mismo, la reología del asfalto es determinante en el comportamiento mecánico del material; se ha demostrado que a altas temperaturas o cargas lentas, el asfalto se comporta como un líquido viscoso; a bajas temperaturas o cargas rápidas, el asfalto se comporta como un sólido elástico, y a temperaturas intermedias, el asfalto se comporta como un material viscoelástico.

La determinación del ahuellamiento se realiza por medio de ensayos triaxiales cíclicos con confinamiento constante y ensayo de pista en laboratorio (INV E-756). En el primer caso, los ensayos reproducen con exactitud la distribución de esfuerzos que experimenta un elemento que se encuentra bajo el área de presión de carga vehicular y su objetivo es determinar la ley de flujo del material. En el segundo ensayo, se puede obtener el valor de la huella sobre la capa de material asfáltico y la relación entre el tiempo y la deformación plástica.

Los ensayos triaxiales cíclicos con confinamiento constante someten a los materiales asfálticos que conforman la estructura de pavimento a condiciones de esfuerzos similares a los producidos por el paso de vehículos en la superficie. En los ensayos triaxiales cíclicos las probetas se introducen dentro de la cámara triaxial, donde son sometidas a una condición de esfuerzo vertical de compresión que varía con una función sinusoidal (ΔV), a una presión horizontal estática e isotrópica (ΔH) y a una temperatura constante. Ante las condiciones descritas, la muestra de ensayo experimenta alteraciones en su geometría: la altura total de la muestra disminuye por la aparición de deformaciones permanentes (ΔHP) y la probeta sufre un achatamiento general que genera variaciones en su radio (Figura 26).

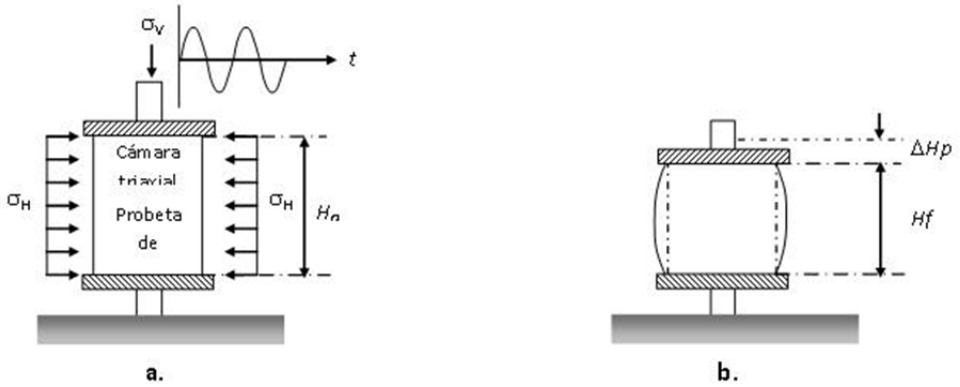


Figura 26. Esquematización del ensayo triaxial cíclico, a) al inicio de la prueba, y b) al finalizar la prueba (Rondón *et al*., 2011)

El ensayo proporciona la relación entre el porcentaje de deformación permanente de la muestra en función del número de ciclos de carga a la que ha sido sometida. Un resultado característico se muestra en la Figura 27. En la gráfica se puede observar una rápida deformación inicial producida por la aplicación de los primeros ciclos de carga, seguida de una estabilización que corresponde al flujo de material y finaliza con la falla de la probeta. Posterior a la falla, las muestras adquieren forma de toneles y pierden toda consistencia cuando se elimina la presión de confinamiento a la que estaban sometidas (Figura 26b).

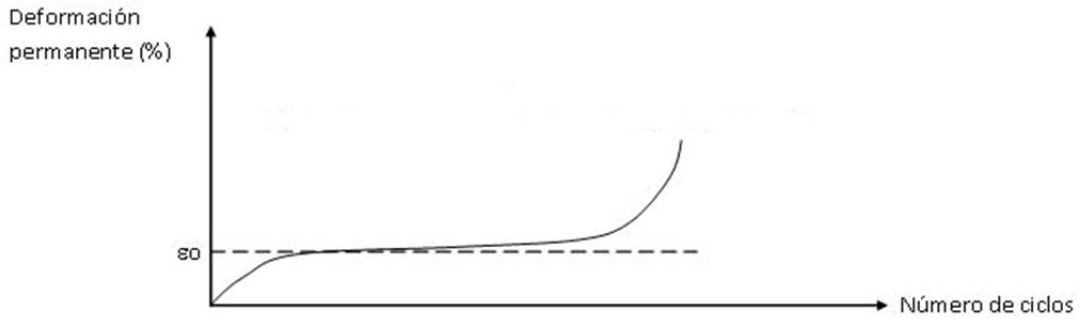


Figura 27. Curva típica de flujo de una mezcla asfáltica (Rondón *et al*., 2011)

2.1.3.4 Resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad

De acuerdo con Tarefder *et al*. (2003), el agua genera pérdida de resistencia en la interface entre el ligante asfáltico y el agregado pétreo, generando que la tasa de acumulación de la deformación permanente aumente debido a la pérdida de cohesión de la mezcla por humedad. Este fenómeno fue identificado en la década de los 30 (Caro *et*

al., 2008) y la literatura de referencia lo denomina "stripping" (Abo-Qudais y Al-Shweily, 2007; Aksoy *et al*. 2005; Amirkhanian y Williams, 1993; Bagampadde *et al.*, 2005; Caro, *et al*., 2008; Kandhal *et al.*, 1989; Kassem *et al.*, 2009; Kringos *et al.*, 2008a; Kringos *et al.*, 2008b; Lottman y Johnson, 1971; Majildzadeh y Brovold, 1968; Mallick *et al.*, 2005; Mohamed, 1993; Mohammad *et al*., 2008; Williams y Miknis, 1998). Un estado del conocimiento actualizado sobre el tema puede ser consultado en Mehrara y Khodaii (2013).

Peterson (1982) y Stuart (1986) sugieren que el stripping ocurre por reacción química entre el asfalto y el agregado. De manera similar Bagampadde *et al.* (2005) mencionan que la calidad del agregado y la composición mineralógica es uno, de entre tantos factores, que afectan la magnitud de este fenómeno. Bagampadde y Kiggundu (2007) concluyen que el fenómeno de stripping es mayor directamente debajo de las ruedas de los vehículos. Kanitpong y Bahia (2008) reportan que la adherencia entre el ligante y el agregado pétreo es fuertemente dependiente de la mineralogía de este último material. Lu y Harvey (2006; 2006a) demostraron que la edad del pavimento tiene una alta influencia en el daño por humedad. El Hussein *et al*. (1998) concluyen que existe incompatibilidad térmica entre el agregado pétreo y el ligante lo cual genera contracción térmica diferencial de estos componentes, induciendo altos esfuerzos de tensión, grietas, deterioro localizado en la matriz de asfalto y deterioro de la interface ligante-agregado.

Las causas que generan este fenómeno son complejas ya que involucran aspectos físicos, químicos, mecánicos y termodinámicos. Abo-Qudais y Shweily (2007; 2007a), mencionan adicionalmente que el fenómeno de stripping es función de la tensión superficial entre el agregado pétreo y el asfalto, y que el empleo de ligantes más viscosos generan mayor resistencia a este fenómeno. Además sugieren que mezclas sometidas a ciclos de humedecimiento-secado o congelamiento-deshielo, o agregados pétreos angulares pueden incrementar el potencial de stripping (éste último debido a que las caras angulares son más difíciles de recubrir con asfalto). El estado del conocimiento en esta área es que a pesar del alto número de investigaciones realizadas, el fenómeno de stripping y las causas que lo generan no han sido totalmente entendidas e identificadas (Abo-Qudais y Al-Shweily, 2007; Airey, 2003; Bagampadde *et al*., 2005; Mohamed, 1993).

De acuerdo con Krishnan y Rao (2001), Airey (2003), Sengoz y Agar (2007), Breakah *et al.* (2009), y Nejad *et al*. (2012), el daño por humedad es uno de los principales mecanismos de deterioro de capas asfálticas en servicio. Para incrementar la resistencia al agua de mezclas en servicio, son de amplia utilización, los aditivos anti-stripping o mejoradores de adherencia (Abo-Qudais y Al-Shweily, 2007a; Aksoy *et al*., 2005; Kandhal *et al*., 1989). Los aditivos anti-stripping se clasifican en los siguientes grupos: tenso-activos catiónicos, naftenato de hierro, cal hidratada, cemento Portland, entre otros. Actualmente incluso se están generando productos con nanotecnología que ayudan a

repeler el agua dentro de la mezcla (p. ej. Nejad, *et al.*, 2012). De acuerdo con Sengoz y Agar (2007), el daño por humedad de mezclas en servicio ocurre algunas veces debido a que en ocasiones prevalece el criterio de disminuir el contenido de asfalto en la mezcla para contrarrestar el fenómeno de ahuellamiento. Estos autores concluyen que entre mayor sea el espesor de la película de asfalto adherida al agregado pétreo, mayor será la resistencia al daño por humedad. Jahromi (2009) reporta que asfaltos más viscosos son menos propensos al daño por humedad, adicionalmente afirma, al igual que Lee *et al.* (2011), que adiciones de cal mejoran la resistencia a este mecanismo de daño.

De acuerdo con las Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá (IDU, 2011), la resistencia a tracción de mezclas de concreto asfáltico en curado húmedo (norma de ensayo INV E-725-07, AASHTO T-283), debe ser al menos 80% de la alcanzada bajo condición seca. Este ensayo permite evaluar la resistencia al agua de mezclas asfálticas utilizando una prueba de tracción indirecta. A la relación entre la resistencia de las mezclas en el ensayo, bajo condición húmeda y seca, la literatura de referencia la denomina como TSR (por sus siglas en inglés de *Tensile Strength Ratio*). Para determinar el TSR, se fabrican 6 probetas o especímenes compactados en el laboratorio de acuerdo con la fórmula de trabajo de la mezcla, tres de ellas curadas en seco y tres bajo condición húmeda. Todas las probetas son compactadas de tal manera que los vacíos en la mezcla oscilen entre 6% y 8%. Las probetas presentan dimensiones por lo general de 102 mm (4”) de diámetro y 63.5 mm (2.5”) de altura. Para mezclas fabricadas con agregados pétreos con tamaño de partícula superior a una pulgada (1”), el diámetro de las probetas es de seis pulgadas (6”). Las mezclas pueden ser fabricadas empleando el método Marshsall (norma de ensayo AASHTO T-245–97, INV E-748), o el por la metodología Superpave empelando compactador giratorio SGC (por sus siglas en inglés de *Superpave Gyratory Compactor*). Luego de un día de enfriamiento de las muestras, se determina la composición volumétrica y gravimétrica de la mezcla. Las mezclas que van a ser ensayadas bajo condición húmeda se saturan parcialmente con agua destilada a temperatura ambiente empleando una cámara de vacío. Se debe medir la absorción de agua y el grado de saturación de las muestras. El ensayo de tracción indirecta ejecutado a una tasa de deformación de 50 mm/min sobre las muestras en seco y húmedo se realiza a una temperatura de 25 ± 1° C. Para ejecutar la carga, las probetas se colocan en el aparato de carga, con las franjas de carga centradas y paralelas, en el plano diametral vertical.

2.2 Planteamiento del diseño del experimento

Para el planteamiento del diseño del experimento, se definió la utilización de:

- Un (1) tipo de agregado pétreo que cumpla con los requisitos exigidos por las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción del IDU (IDU ET-2011).
- Una (1) granulometría perteneciente a la franja central de la curva granulométrica especificada por el IDU para los cuatro (4) tipos de mezcla asfáltica (MD-12, MS-25, MG-20 y MAM-20).
- Tres (3) cementos asfálticos (CA 60-70 de Apiay, CA 60-70 de Barrancabermeja y CA modificado tipo V de baja penetración).

Con base en los materiales y productos adquiridos, el diseño final del experimento concluye en la caracterización dinámica de las mezclas mostradas en la Tabla 5.

Tabla 5. Diseño Final del Experimento

Tipo Granular	Ligante	Granulometría	Mezcla No.
- Fuente aluvial río Coello para grava de 1", ½", arena triturada y arena natural. - Fuente peña Melgar para grava de ¾". - Fuente peña Soacha para arena amarilla de peña.	Barrancabermeja 60/70	MD12	1
		MS25	2
		MG20	3
	Apiay 60/70	MD12	4
		MS25	5
		MG20	6
	Modificado de baja penetración (Tipo V)	MAM20	7

Teniendo en cuenta los parámetros descritos en la especificación técnica "Mezclas asfálticas en caliente densas, semidensas, gruesas y de alto módulo" sección 510-11 versión 2.0 del IDU, se escogió el valor medio de la franja granulométrica especificada para cada una de las mezclas en estudio. En la Tabla 6 a la Tabla 9, y en la Figura 28 a la Figura 31, se presentan las gradaciones y las curvas granulométricas mencionadas.

Tabla 6. Granulometría Mezcla Asfáltica tipo MD12 (IDU, 2011)

Tamiz		% que pasa
Normal	Alterno	
19,0 mm	3/4"	100
12,5 mm	1/2"	80 - 95
9,5 mm	3/8"	71 - 87
4,75 mm	No. 4	49 - 65

Tamiz		% que pasa
Normal	Alterno	
2,00 mm	No. 10	30 - 44
425 μm	No. 40	14 - 22
180 μm	No. 80	8 - 16
75 μm	No. 200	4 - 9

Tabla 7. Granulometría Mezcla Asfáltica tipo MS25 (IDU, 2011))

Tamiz		% que pasa
Normal	Alterno	
37,5 mm	1 ½"	100
25,4	1"	80 – 95
19,0 mm	3/4"	73 – 89
12,5 mm	1/2"	60 – 76
9,5 mm	3/8"	53 – 69
4,75 mm	No. 4	33 – 49
2,00 mm	No. 10	23 – 39
425 μm	No. 40	10 – 20
180 μm	No. 80	6 – 13
75 μm	No. 200	3 – 8

Tabla 8. Granulometría Mezcla Asfáltica tipo MG20 (IDU, 2011))

Tamiz		% que pasa
Normal	Alterno	
25,4	1"	100
19,0 mm	3/4"	75 – 95
12,5 mm	1/2"	55 – 75
9,5 mm	3/8"	46 – 66
4,75 mm	No. 4	28 – 46
2,00 mm	No. 10	17 – 32
425 μm	No. 40	7 – 17
180 μm	No. 80	4 – 11
75 μm	No. 200	2 – 6

Tabla 9. Granulometría Mezcla Asfáltica tipo MAM20 (IDU, 2011))

Tamiz		% que pasa
Normal	**Alterno**	
25,4	1”	100
19,0 mm	3/4”	80 – 95
12,5 mm	1/2”	66 – 82
9,5 mm	3/8”	55 – 71
4,75 mm	No. 4	35 – 51
2,00 mm	No. 10	23 – 39
425 μm	No. 40	10 – 20
180 μm	No. 80	8 – 14
75 μm	No. 200	6 – 9

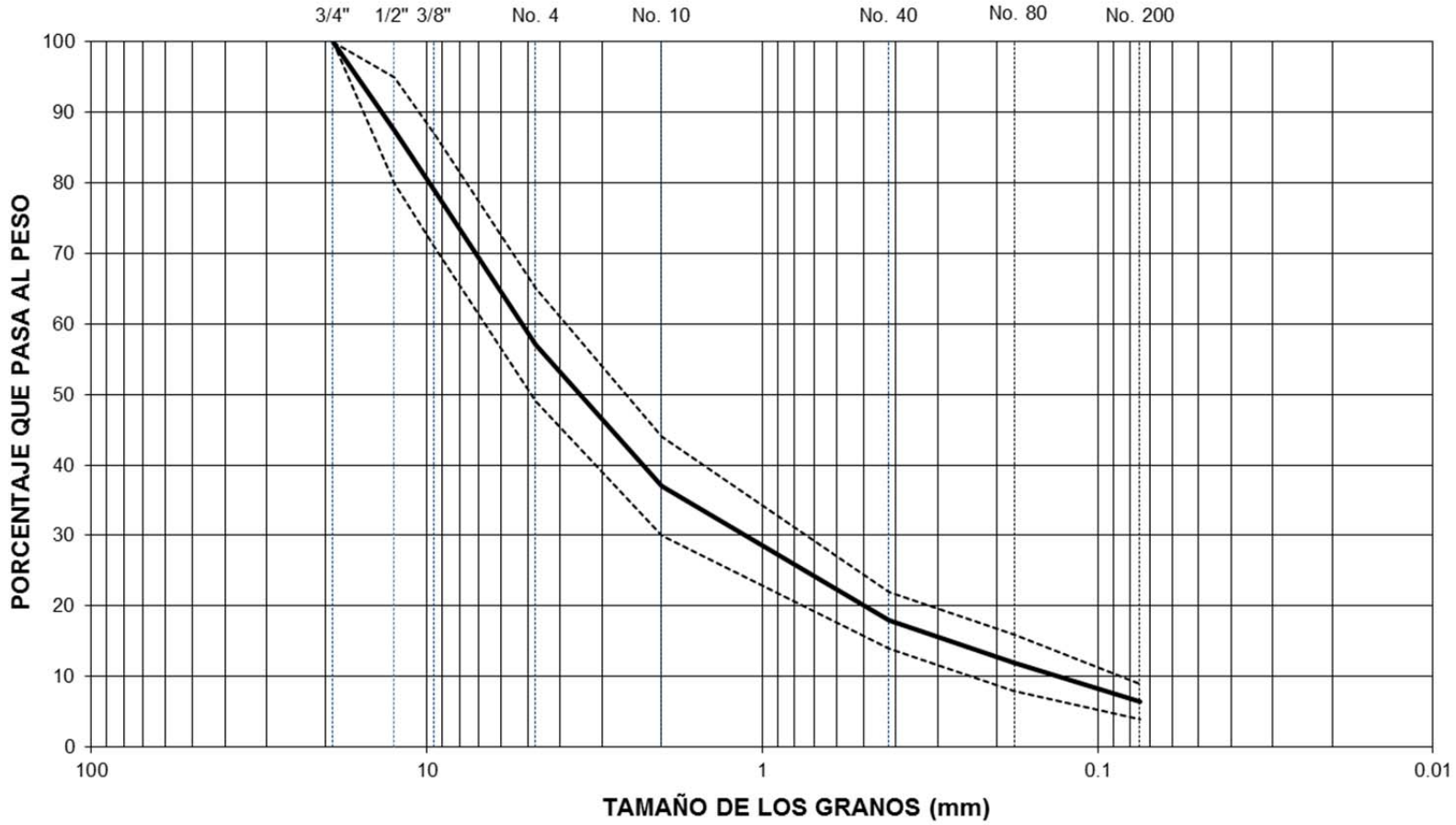


Figura 28. Curva Granulométrica Mezcla Asfáltica tipo MD12 (IDU, 2011)

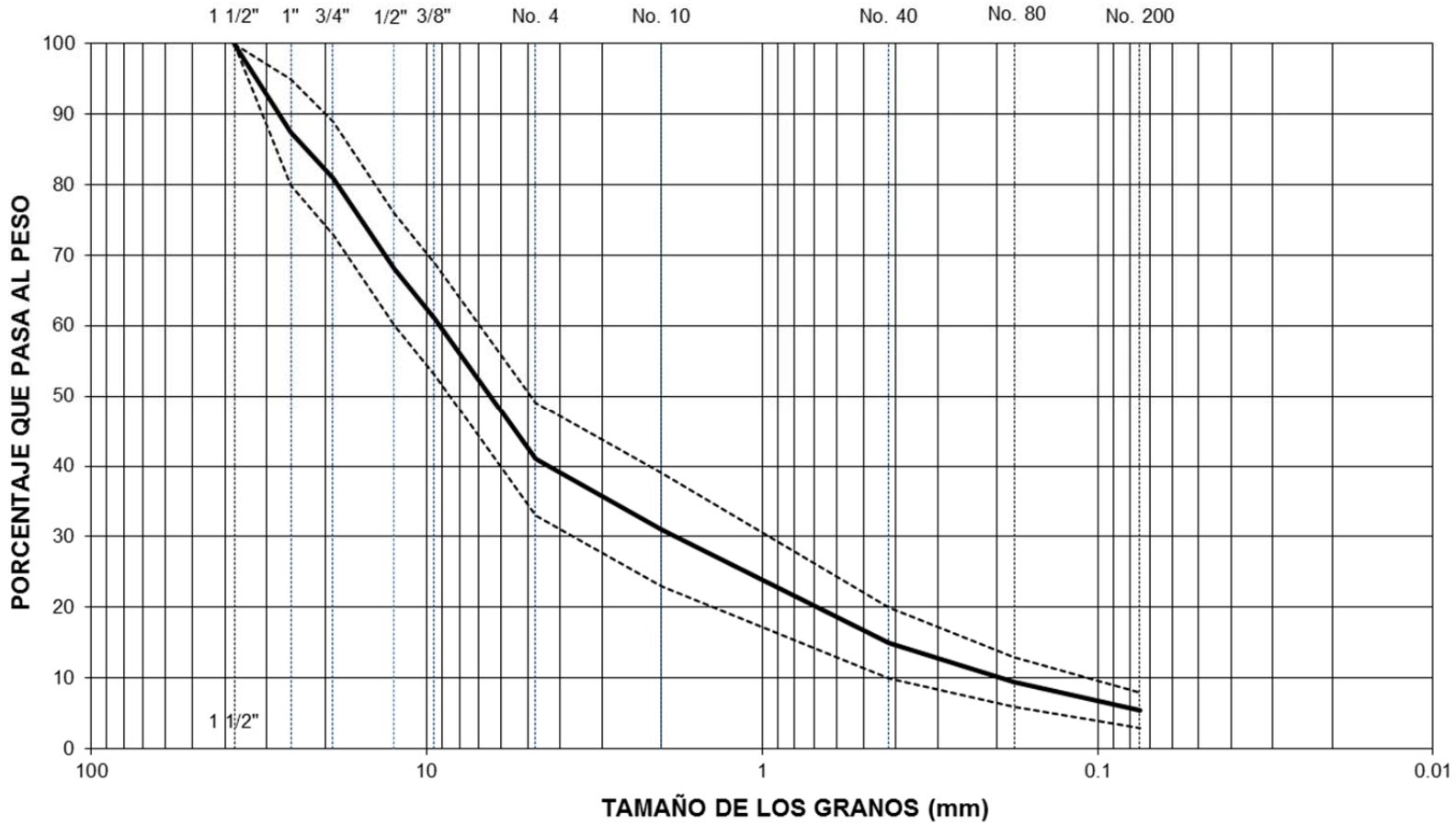


Figura 29. Curva Granulométrica Mezcla Asfáltica tipo MS25 (IDU, 2011)



Figura 30. Curva Granulométrica Mezcla Asfáltica tipo MG20 (IDU, 2011)



Figura 31. Curva Granulométrica Mezcla Asfáltica tipo MAM20 (IDU, 2011)

En la Figura 32 y Figura 33 se muestran algunas imágenes del material granular separado por tamiz, en referencia a lo descrito anteriormente.



Figura 32. Arenas separadas por tamices



Figura 33. Agregado grueso separado por tamices

2.3 Adquisición de materiales y productos

En la Tabla 10 se muestran los materiales y productos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Tabla 10. Materiales y productos

Materiales y Productos
Material Granular
Ligante Asfáltico (Barrancabermeja 60-70)
Ligante asfáltico (Apiay 60/70)
Ligante modificado Tipo V

Para el caso de los materiales granulares y los ligantes asfálticos se obtuvieron los siguientes materiales:

- Grava 1" fuente aluvial río Coello (Ver Figura 34).
- Grava ¾" fuente peña (Ver Figura 35).
- Grava ½" fuente aluvial río Coello (Ver Figura 36).
- Arena triturada fuente aluvial río Coello (Ver Figura 37).
- Arena natural fuente aluvial río Coello (Ver Figura 38).
- Arena de peña fuente peña (Ver Figura 39).
- Ligante asfáltico Barrancabermeja 60/70 (Ver Figura 40).
- Ligante asfáltico Apiay 60/70 (Ver Figura 41).



Figura 34. Grava 1" fuente aluvial río Coello



Figura 35. Grava 3/4" fuente peña



Figura 36. Grava 1/2" fuente aluvial río Coello



Figura 37. Arena triturada fuente aluvial río Coello



Figura 38. Arena natural fuente aluvial río Coello



Figura 39. Arena fuente peña



Figura 40. Almacenamiento ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70



Figura 41. Almacenamiento ligante asfáltico Apiay 60/70

2.4 Planteamiento de la metodología utilizada

La metodología utilizada parte de la adquisición de los materiales y productos descritos en el numeral 2.3 de este documento. Seguido a esto, se continuó con la etapa de caracterización de materiales, en la que se realizaron los ensayos que se presentan en la Tabla 11 y la Tabla 12.

Tabla 11. Ensayos para caracterización de Agregados pétreos

Ensayo	Norma
Determinación del límite líquido de los suelos	INV E-125
Límite plástico e índice de plasticidad	INV E-126
Equivalente de arena	INV E-133
Determinación del contenido aproximado de materia orgánica	INV E-212
Desgaste de los agregados por medio de la máquina de Los Ángeles	INV E-218
Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio - solidez (5 ciclos)	INV E-220
Peso específico y absorción de agregados finos	INV E-222
Peso específico y absorción de agregados gruesos	INV E-223
Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10 % de Finos	INV E-224
Porcentaje de caras fracturadas en los agregados	INV E-227
Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenante mineral	INV E-235
Determinación de la resistencia al desgaste utilizando el equipo Micro - Deval	INV E-238
Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados (influencia por forma de las partículas, textura de la superficie y gradación)	INV E-239
Método para determinar partículas planas, alargadas, o planas y alargadas en agregados gruesos	INV E-240

Tabla 12. Ensayos para caracterización del Ligante asfáltico Barrancabermeja 60/70, Apiay 60/70 y Modificado tipo V.

Ensayo	Norma
Penetración de los materiales asfálticos	INV E-706
Ductilidad de los materiales asfálticos	INV E-702
Gravedad específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos. Método del picnómetro	INV E-707
Punto de ablandamiento de materiales bituminosos (aparato de anillo y bola)	INV E-712
Método para determinar la viscosidad del asfalto empleando el viscosímetro rotacional	INV E-717
DSR a la muestra original	AASHTO TP5-98
Viscosidad absoluta en DSR	-

Ensayo	Norma
Caracterización de ligante asfáltico Envejecido en RTFO	
Ensayo en el horno de lámina asfáltica delgada en movimiento	INV E-720
DSR, a la muestra envejecida con RTFO	AASHTO TP5-98
Penetración de los materiales asfálticos al residuo con RTFO	INV E-706
Punto de ablandamiento de materiales bituminosos (aparato de anillo y bola) a la muestra envejecida con RTFO	INV E-712
Caracterización de ligante asfáltico Envejecido en PAV	
Envejecimiento con PAV a la muestra envejecida con RTFO	INV E-751
DSR, a la muestra envejecida con RTFO y PAV	AASHTO TP5-98

Al terminar la caracterización de materiales granulares y ligantes asfálticos, se continuó con la etapa de diseño de las mezclas asfálticas por el método Marshall. Seguido a esto, se elaboraron las mezclas, las cuales serán sometidas a un proceso de envejecimiento a corto plazo STOA (por las siglas en inglés de *short-term oven aging*). Con la culminación del envejecimiento a corto plazo, se inició la etapa de caracterización y evaluación dinámica, para lo cual se planteó la ejecución de los ensayos mostrados en la Tabla 13 para cada una de las mezclas mencionadas en la Tabla 5.

Tabla 13. Ensayos para caracterización y evaluación dinámica de mezclas asfálticas

Ensayo	Norma
Módulo Dinámico	INV E-754
Resistencia a la Fatiga mediante el ensayo de tracción indirecta sobre probetas cilíndricas usando el NAT (@ deformación controlada)	EN 12697-24
TSR Resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad	INV E-725
Resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensayo de laboratorio	INV E-756

Finalmente, habiendo caracterizado las mezclas asfálticas se continuó con la etapa de análisis de resultados y planteamiento de conclusiones y recomendaciones, de esta forma terminando con la complementación y/o aporte a las normativas correspondientes en las “Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá D.C. - IDU ET 2011”, y la divulgación de los resultados obtenidos.

3 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

3.1 Caracterización de agregados gruesos

Los agregados, también llamados áridos, son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento asfáltico conforman un todo compacto conocido como mezcla asfáltica.

Según la especificación técnica "Mezclas asfálticas en caliente densas, semidensa, gruesas, y de alto módulo" del Instituto de Desarrollo Urbano IDU (2011c), sección 510-11, *Los agregados empleados para la ejecución de mezclas asfálticas en caliente deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico a utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción combinada del agua y del tránsito. Cuando se empleen agregados con características hidrófilas, se deberá comprobar la adhesividad con el asfalto cumpliendo el requisito de resistencia conservada de la mezcla que se indica en el numeral 510.3.3 de la mencionada especificación técnica*.

Se denomina agregado grueso a la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Dicho agregado deberá proceder de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto o afecten adversamente la durabilidad de la mezcla compactada (Instituto de Desarrollo Urbano IDU, 2011c).

Se realizó la caracterización de agregados gruesos procedentes de dos fuentes representativas a las usadas en la producción de mezclas asfálticas en la ciudad de Bogotá, tal como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Procedencia de agregados gruesos

Cantera No.	Código de muestra	Descripción	Procedencia
1	P024-2 y P025-2	Grava de 1" fuente aluvial	Rio Coello
2	P024-3 y P025-3	Grava 3/4" fuente peña	Cantera en Melgar
1	P024-4 y P025-4	Grava de 1/2" fuente aluvial	Rio Coello

A los materiales mostrados en la Tabla 14 se les realizaron los siguientes ensayos de caracterización:

- Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½") por medio de la máquina de Los Ángeles.
- Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio - solidez (5 ciclos).
- Peso específico y absorción de los agregados gruesos.
- Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10% de finos.
- Porcentaje de caras fracturadas en los agregados.
- Determinación de la resistencia al desgaste utilizando el equipo Micro-Deval.
- Método para determinar partículas planas, alargadas, o planas y alargadas.

Los reportes de laboratorio correspondientes a los ensayos de caracterización de los agregados gruesos se encuentran en el ANEXO A.

3.1.1 Resistencia al desgaste por medio de la máquina de Los Ángeles

El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva. Ha sido ampliamente usado como un indicador de la calidad relativa o la competencia de diferentes fuentes de agregados pétreos de similares composiciones mineralógicas. Los resultados no brindan automáticamente comparaciones válidas entre fuentes marcadamente diferentes en origen, composición o estructura (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007y). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-218.

En la Figura 42 se presenta el desarrollo del ensayo de resistencia al desgaste por medio de la máquina de Los Ángeles, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 42. Ensayo de resistencia al desgaste por medio de la máquina de Los Ángeles

3.1.2 Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio

Este ensayo se emplea para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio, seguido de secado al horno para deshidratar parcial o completamente la sal precipitada en los poros permeables. La fuerza de expansión interna derivada de la rehidratación de la sal después de la re inmersión simula la expansión del agua por congelamiento. Mediante este método se puede obtener una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007aa). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-220.

En la Figura 43 se presenta el desarrollo del ensayo Sanidad de los agregados gruesos frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 43. Ensayo de Sanidad de los agregados gruesos frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio

3.1.3 Peso específico y absorción

Dentro de las propiedades físicas de los agregados que dependen directamente de las propiedades de la roca original de donde provienen, se encuentra la densidad, la cual está definida como la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada, y la absorción, que representa la masa del agua que llena los poros permeables de las partículas de agregado sin incluir el agua adherida a la superficie de las mismas (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007o). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-223.

En la Figura 44 se presenta el desarrollo del ensayo para calcular el peso específico y la absorción de los agregados gruesos, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 44. Ensayo para calcular el peso específico y la absorción de los agregados gruesos

3.1.4 Evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos

Este ensayo se emplea para evaluar la resistencia mecánica de un agregado grueso a la trituración al ser sometido a esfuerzo de compresión, determinando la carga necesaria, para producir en el agregado grueso, un 10% de finos, que son constituidos por el material que pasa el tamiz de 2.36 mm (No 8) después de ser sometido a esta prueba (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007k). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-224.

En la Figura 45 se presenta el desarrollo del ensayo de evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 45. Ensayo de evaluación de la resistencia mecánica de los agregados gruesos por el método de 10% de finos

3.1.5 Porcentaje de caras fracturadas en los agregados

Este método proporciona un procedimiento estandarizado para determinar la aceptabilidad de los agregados gruesos respecto de los requisitos de algunas especificaciones en relación a su porcentaje de partículas fracturadas, esto con el propósito de incrementar la resistencia al corte incrementando la fricción entre partículas en mezclas de agregado ligadas o no ligadas, dar estabilidad a los agregados usados en tratamientos superficiales y proporcionar mayor fricción y textura para agregados usados en capas superficiales de pavimento (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007v). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-227.

En la Figura 46 se presenta el desarrollo del ensayo para calcular el porcentaje de caras fracturadas en los agregados, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 46. Ensayo para calcular el porcentaje de caras fracturadas en los agregados

3.1.6 Determinación de la resistencia al desgaste utilizando el equipo Micro-Deval

Este método proporciona una medida de la resistencia a la abrasión y durabilidad de agregados pétreos al someter los agregados gruesos a la acción combinada de abrasión y molienda con bolas de acero en presencia de agua (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007d). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-238.

En la Figura 47 se presenta el desarrollo del ensayo para determinar la resistencia al desgaste utilizando el equipo Micro-Deval, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 47. Ensayo para determinar la resistencia al desgaste utilizando el equipo Micro-Deval

3.1.7 Método para determinar partículas planas, alargadas, o planas y alargadas

En algunos usos de construcción, las partículas planas o alargadas de los agregados pueden interferir en la compactación y dificultar la colocación el material. Este método de ensayo provee un mecanismo para verificar el cumplimiento de las especificaciones que limitan tales partículas o para determinar las características de forma relativa de agregados gruesos (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007s). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-240.

En la Figura 48 se presenta el desarrollo del ensayo para determinar partículas planas, alargadas, o planas y alargadas, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 48. Ensayo para determinar partículas planas, alargadas, o planas y alargadas

3.2 Caracterización de agregados finos

Se denomina agregado fino a la porción comprendida entre los tamices de 4,75 mm (No. 4) y 75 µm (No. 200). El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder los límites establecidos en la Tabla 510.2. de la sección 510-11 de la especificación técnica “Mezclas asfálticas en caliente densas, semidensa, gruesas, y de alto módulo” del Instituto de Desarrollo Urbano IDU. Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados en la tabla mencionada anteriormente, cualquiera sea la capa de mezcla asfáltica en caliente en la cual se utilice (Instituto de Desarrollo Urbano IDU, 2011c).

Se realizó la caracterización de agregados finos procedentes de dos canteras representativas a las usadas en la producción de mezclas asfálticas en la ciudad de Bogotá, tal como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Procedencia de agregados finos

Cantera No.	Código de muestra	Descripción	Procedencia
1	P024-5 y P025-5	Arena triturada fuente aluvial	Rio Coello
1	P024-6 y P025-6	Arena natural fuente aluvial	Rio Coello
3	P024-7 y P025-7	Arena natural fuente peña	Cantera en Soacha

A los materiales mostrados en la Tabla 15 se les realizaron los siguientes ensayos de caracterización:

- Límite líquido de los suelos.
- Límite plástico e índice de plasticidad.
- Equivalente de arena.
- Determinación del contenido aproximado de materia orgánica.
- Peso específico y absorción de los agregados finos.
- Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio - solidez (5 ciclos).
- Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenante mineral.
- Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados (influencia por forma de las partículas, textura de la superficie y gradación).

Los reportes de laboratorio correspondientes a los ensayos de caracterización de los agregados finos se encuentran en el ANEXO B.

3.2.1 Determinación del límite líquido de los suelos

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se encuentra en el límite entre el estado líquido y el estado plástico (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007f). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-125.

En la Figura 49 se presenta el desarrollo del ensayo para determinar el límite líquido de los suelos, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.

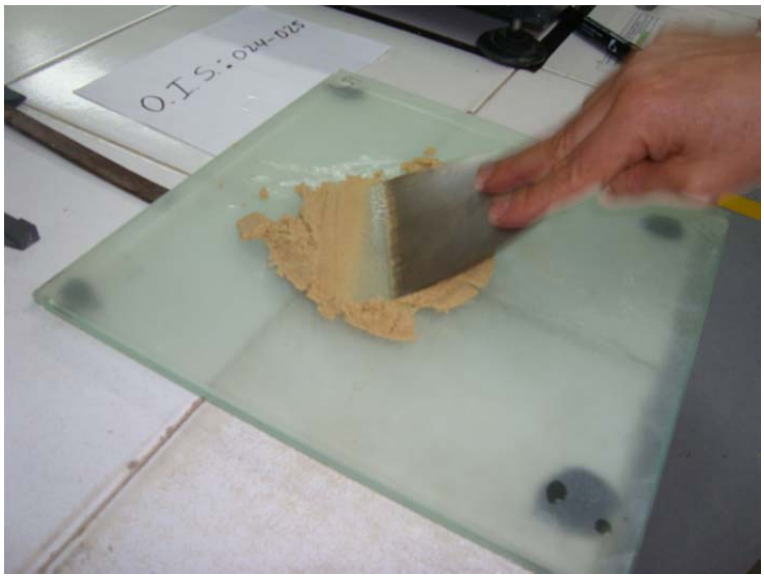


Figura 49. Ensayo para determinar el límite líquido de los suelos

3.2.2 Determinación del límite plástico e índice de plasticidad

El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, determinado por este procedimiento, en el cual el suelo permanece en estado plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007p). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-126.

En la Figura 50 se presenta el desarrollo del ensayo para determinar el límite plástico e índice de plasticidad, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 50. Ensayo para determinar el límite plástico e índice de plasticidad

3.2.3 Equivalente de arena

Este procedimiento tiene por objeto determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. Permite determinar rápidamente, en el campo, variaciones de calidad de los agregados durante la producción o la colocación (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007j). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-133.

En la Figura 51 se presenta el desarrollo del ensayo de equivalente de arena, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 51. Ensayo de equivalente de arena

3.2.4 Determinación del contenido aproximado de materia orgánica

Este método busca determinar de manera aproximada, la presencia de materia orgánica en arenas usadas en la preparación de mezclas. La importancia de este método de ensayo está en el hecho de proporcionar una advertencia sobre las impurezas orgánicas que puedan estar presentes en el material. Cuando una muestra sujeta a este ensayo produce un color más oscuro que el color estándar, es aconsejable ejecutar la prueba para determinar el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia de la mezcla (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007c). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-212.

En la Figura 52 se presenta el desarrollo del ensayo para determinar el contenido aproximado de materia orgánica, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 52. Ensayo para determinar el contenido aproximado de materia orgánica

3.2.5 Peso específico y absorción de los agregados finos

Este método proporciona el procedimiento a seguir para la determinación de gravedades específicas bulk y aparente 23 / 23° C, así como la absorción de agregados finos (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007n). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-222.

En la Figura 53 y la Figura 54 se presenta el desarrollo del ensayo para calcular el peso específico y absorción de los agregados finos, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 53. Ensayo para calcular el peso específico y absorción de los agregados finos



Figura 54. Ensayo para calcular el peso específico y absorción de los agregados finos

3.2.6 Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio

Este ensayo se emplea para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio, seguido de secado al horno para deshidratar parcial o completamente la sal precipitada en los poros permeables. La fuerza de expansión interna derivada de la rehidratación de la sal después de la re inmersión simula la expansión del agua por congelamiento. Mediante este método se puede obtener una información útil para juzgar la calidad de los

agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007aa). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-220.

En la Figura 55 y la Figura 56 se presenta el desarrollo del ensayo Sanidad de los agregados finos frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 55. Ensayo de Sanidad de los agregados finos frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio

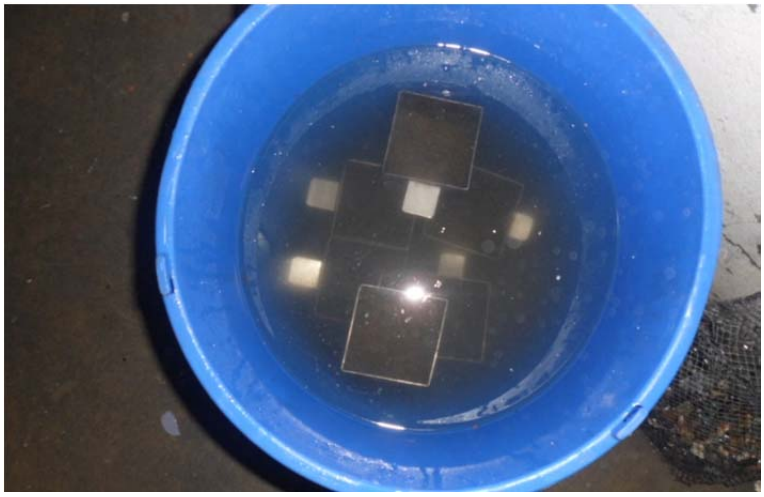


Figura 56. Ensayo de Sanidad de los agregados finos frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio

3.2.7 Valor de azul de metileno en agregados finos y el llenante mineral

Este procedimiento busca determinar la cantidad de material potencialmente dañino (incluyendo arcilla y material orgánico) presente en la fracción fina de un agregado mediante la determinación del valor de azul de metileno (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007ab). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-235.

En la Figura 57 se presenta el desarrollo del ensayo para determinar el valor de azul de metileno de los agregados finos y el llenante mineral, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 57. Ensayo para determinar el valor de azul de metileno de los agregados finos y el llenante mineral

3.2.8 Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados

Este ensayo busca determinar el contenido de vacíos de una muestra de agregado fino no compactada. Cuando es medido en cualquier agregado de gradación conocida, el contenido de vacíos provee una indicación de la angularidad de ese agregado, esfericidad y textura de la superficie que pueden ser comparadas con las de otros agregados finos ensayados con la misma gradación. Cuando el contenido de vacíos es medido en un agregado fino con gradación tal como se recibe, este puede ser un indicador del efecto del agregado fino en la manejabilidad de una mezcla en la cual puede ser empleado (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007e). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-239.

En la Figura 58 se presenta el desarrollo del ensayo para determinar el contenido de vacíos en agregados finos no compactados, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 58. Ensayo para determinar el contenido de vacíos en agregados finos no compactados

3.2.9 Análisis granulométrico de suelos por tamizado

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo. En este ensayo se describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200) (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007b). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-123.

3.3 Caracterización de los ligantes asfálticos

El cemento asfáltico es un producto bituminoso semi–sólido a temperatura ambiente, preparado a partir de hidrocarburos naturales mediante un proceso de destilación, el cual

contiene una proporción muy baja de productos volátiles, posee propiedades aglomerantes y es esencialmente soluble en tricloroetileno (Instituto de Desarrollo Urbano IDU, 2011a).

La designación del cemento asfáltico está asociada con su grado de penetración en décimas de mm. Con base en lo anterior y de acuerdo con la disponibilidad de los asfaltos producidos en Colombia, existen tres categorías de cemento asfáltico: 40-50, 60-70 u 80-100 (Instituto de Desarrollo Urbano IDU, 2011a).

3.3.1 Caracterización del ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70 y Apiay 60-70

El asfalto 60-70 es una mezcla de asfaltos refinados de alta calidad con aditivos para mejorar sus características de penetración, adhesividad y viscosidad. Gracias a su poder aglutinante sobre materiales pétreos es aplicado en la elaboración de mezclas asfálticas en caliente, para la construcción y mantenimiento de carreteras (Shell Colombia S.A., 2013a).

Dentro de sus características más importantes se encuentran:

- Menor susceptibilidad térmica.
- Resistente a la deformación permanente.
- Mayor adhesividad sobre agregados pétreos.
- En su manufactura se han incorporado aditivos para mejorar su viscosidad.
- Almacenamiento estable.

El asfalto 60-70 es normalmente usado en la elaboración de mezclas asfálticas en caliente, en la fabricación de emulsiones asfálticas y grasas asfálticas y sirve como materia prima en la elaboración de impermeabilizantes y asfaltos modificados.

Se realizó la caracterización de dos ligantes asfálticos procedentes de dos refinerías diferentes, los cuales son representativos al asfalto usado en la producción de mezclas asfálticas en la ciudad de Bogotá, tal como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Precedencia de ligantes asfálticos 60-70

Código de muestra	Descripción	Procedencia
P024-1 y P025-1	Ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70	Refinería Barrancabermeja
P024-10	Ligante asfáltico Apiay 60-70	Refinería Apiay

A los materiales mostrados en la Tabla 16 se le realizaron los siguientes ensayos de caracterización:

- Penetración de los materiales asfálticos.
- Ductilidad de los materiales asfálticos.
- Gravedad específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos.
- Punto de ablandamiento de materiales bituminosos.
- Viscosidad del asfalto empleando el viscosímetro rotacional.
- Adherencia en bandeja.
- Efecto del calor y del aire sobre materiales asfálticos semisólidos.
- Propiedades reológicas de los ligantes asfálticos mediante el reómetro de corte dinámico.

Los reportes de laboratorio correspondientes a los ensayos de caracterización de los ligantes asfálticos de Barrancabermeja 60-70 y Apiay 60-70 se encuentran en el ANEXO C y el ANEXO D, respectivamente.

3.3.1.1 Penetración de los materiales asfálticos

Este ensayo sirve para determinar la consistencia de los materiales asfálticos sólidos o semisólidos en los cuales el único o el principal componente es un asfalto. Básicamente, El ensayo de penetración se usa como una medida de consistencia del ligante en donde altos valores de penetración indican consistencias más blandas (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007u). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-706.

En la Figura 59 se presenta el desarrollo del ensayo de penetración de los materiales asfálticos, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 59. Ensayo de penetración de los materiales asfálticos

3.3.1.2 Ductilidad de los materiales asfálticos

El ensayo de ductilidad del asfalto mide la deformación máxima que alcanza una muestra estandarizada al ser estirada a una velocidad y temperatura constante hasta el instante de su ruptura (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007g). La ductilidad debe ser mayor de 100cm, para los asfaltos endurecidos ésta tiende a disminuir. Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-702.

En la Figura 60 se presenta el desarrollo del ensayo de ductilidad de los materiales asfálticos, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.

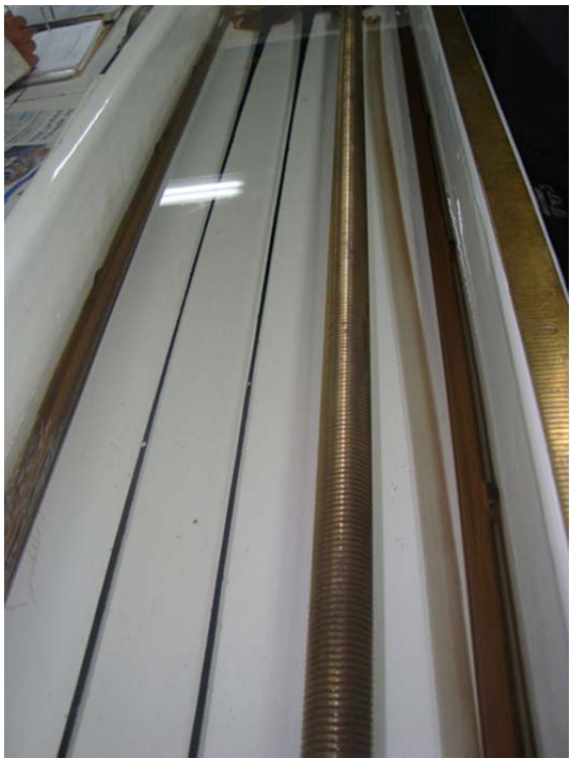


Figura 60. Ensayo de ductilidad de los materiales asfálticos

3.3.1.3 Gravedad específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos

Este ensayo sirve para determinar la densidad y gravedad especifica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos. Los valores de densidad son usados para realizar conversiones de unidades de volumen a masa y para realizar correcciones en las medidas de volumen cuando la temperatura de medida de ensayo difiere de la temperatura de ejecución del mismo (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007m). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-707.

En la Figura 61 se presenta el desarrollo del ensayo para determinar la gravedad específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.

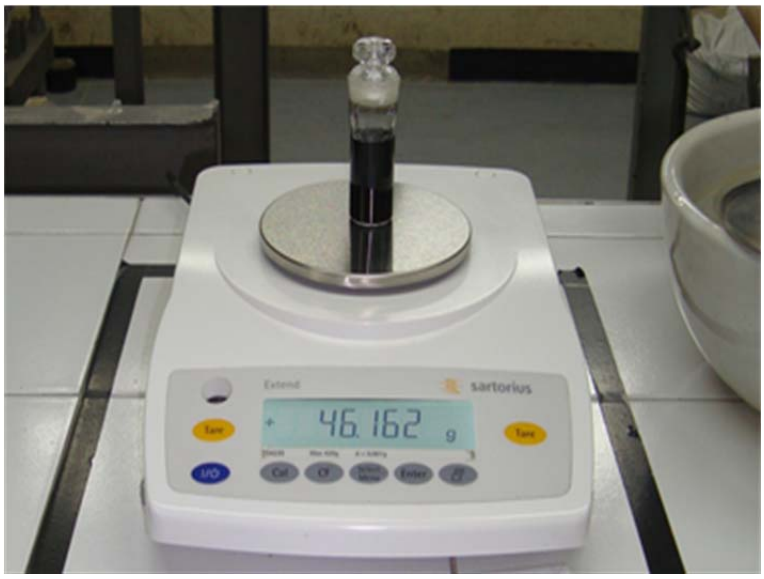


Figura 61. Ensayo para determinar la gravedad específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos

3.3.1.4 Punto de ablandamiento de materiales bituminosos

Con el ensayo de punto de ablandamiento se mide, de forma indirecta, la consistencia del asfalto. El resultado de este ensayo sirve para calcular el índice de penetración, el cual es una característica reológica importante del asfalto. El punto de ablandamiento equivale a la temperatura a la cual una muestra cilíndrica de asfalto alcanza una deformación prefijada bajo la carga de una bola de acero. El punto de ablandamiento es útil para clasificar productos bituminosos y es un valor índice de la tendencia del material a fluir cuando está sometido a temperaturas elevadas, durante su vida de servicio (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007w). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-712.

En la Figura 62 se presenta el desarrollo del ensayo para determinar el punto de ablandamiento de materiales bituminosos, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.

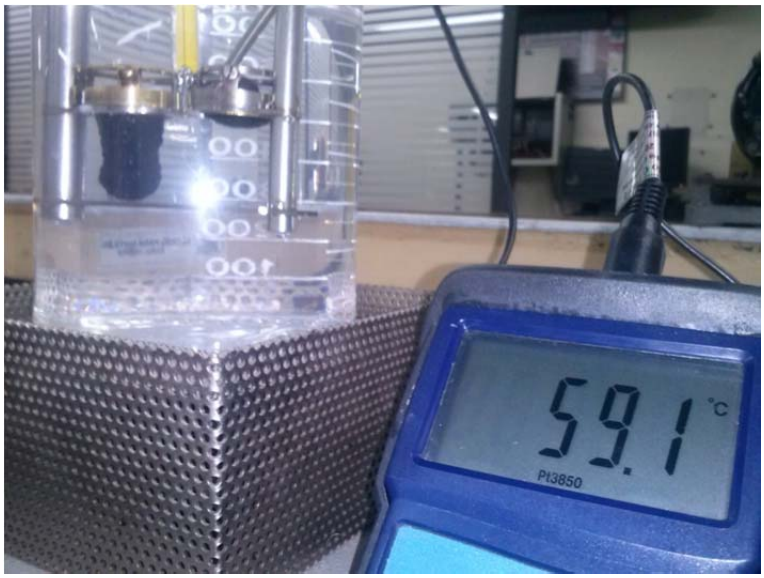


Figura 62. Ensayo para determinar el punto de ablandamiento de materiales bituminosos

3.3.1.5 Viscosidad del asfalto empleando el viscosímetro rotacional

Este ensayo sirve para medir la viscosidad aparente de asfaltos a diferentes temperaturas. La medida de viscosidad a altas temperaturas ha sido usada para determinar la manejabilidad y facilidad de bombeo en la refinería, terminal o planta asfáltica. Los valores medidos mediante este procedimiento se pueden utilizar para desarrollar diagramas de temperatura contra viscosidad, los cuales se utilizan para estimar las temperaturas de mezclado y compactación a utilizar durante el diseño y construcción de mezclas asfálticas en caliente (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007r). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-717.

En la Figura 63 se presenta el desarrollo del ensayo para determinar la viscosidad del asfalto empleando el viscosímetro rotacional, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 63. Ensayo para determinar la viscosidad del asfalto empleando el viscosímetro rotacional

3.3.1.6 Adherencia en bandeja

Este ensayo sirve para determinar el porcentaje de adherencia entre un ligante asfáltico y una muestra representativa del agregado grueso a utilizar en una mezcla asfáltica (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007a). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-740.

En la Figura 64 se presenta el desarrollo del ensayo para determinar el porcentaje de adherencia entre un ligante asfáltico y una muestra representativa del agregado grueso a utilizar en una mezcla asfáltica, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ. Para el ensayo se utilizaron gravas correspondientes a la gradación de una mezcla asfáltica MD12 y para la MAM; esto es, con agregados pétreos provenientes de las dos fuentes.



Figura 64. Ensayo adherencia en bandeja

3.3.1.7 Efecto del calor y del aire sobre materiales asfálticos semisólidos

Este método se emplea para medir el efecto del calor y del aire, sobre una lámina delgada en movimiento, de materiales asfálticos semisólidos. El resultado indica el cambio producido en las propiedades del asfalto durante el proceso convencional de mezclado en caliente, aproximadamente a una temperatura de 150° C (302° F), mediante medición de la viscosidad. Lo anterior produce un residuo que se aproxima a la condición del asfalto, cuando se incorpora en el pavimento (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007i). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-720.

En la Figura 65 se presenta el desarrollo del ensayo en el horno de lámina asfáltica delgada en movimiento, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.

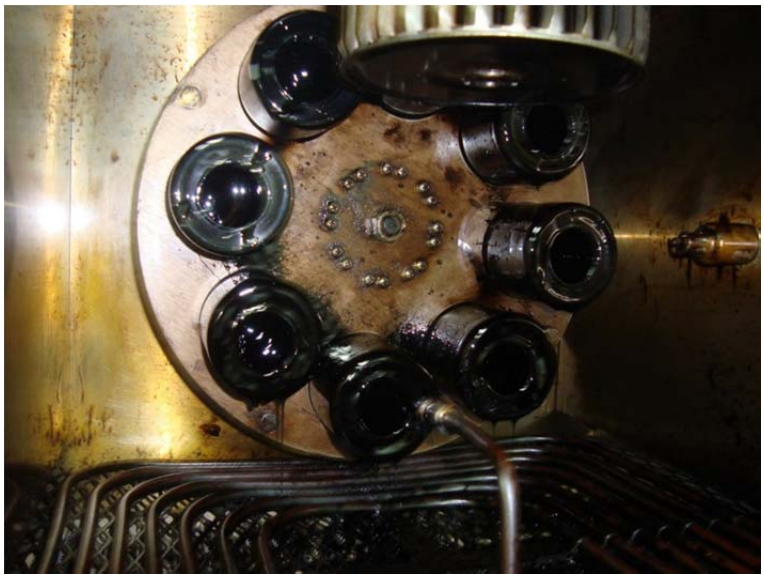


Figura 65. Ensayo en el horno de lámina asfáltica delgada en movimiento

3.3.1.8 Propiedades reológicas de los ligantes asfálticos usando el reómetro de corte dinámico

Este método cubre la determinación del módulo de corte dinámico y el ángulo de fase de un ligante asfáltico cuando es ensayado al corte dinámico (oscilatorio), utilizando una geometría de prueba de platos paralelos. El módulo complejo de corte es un indicador de la rigidez o resistencia del ligante asfáltico a la deformación bajo carga. El módulo complejo de corte y el ángulo de fase definen la resistencia a la deformación de corte de un ligante asfáltico en la región lineal viscoelástica y se usan para determinar criterios relacionados con el desempeño, de acuerdo con las especificaciones Superpave (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007q). Este ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma INV E-750.

En la Figura 66 se presenta el desarrollo del ensayo para la medición de propiedades reológicas de los ligantes asfálticos mediante el reómetro de corte dinámico, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 66. Ensayo para la medición de propiedades reológicas de los ligantes asfálticos mediante el reómetro de corte dinámico

3.3.2 Caracterización del ligante asfáltico modificado Tipo V de baja penetración

El ligante asfáltico Tipo V de baja penetración es un asfalto modificado de alta calidad para aplicaciones viales en caliente, formulado con cementos asfálticos seleccionados y polímeros tipo etil vinil acetato de alta calidad (Shell Colombia S.A., 2013b).

Dentro de sus características más importantes se encuentran:

- Menor susceptibilidad térmica.
- Resistente a la formación de fisuras o grietas a bajas temperaturas.
- Resistente a la deformación permanente a altas temperaturas.
- Mayor resistencia a la fatiga.
- Alta flexibilidad y elasticidad.
- Almacenamiento estable.

El ligante asfáltico Tipo V es normalmente usado en la elaboración de mezclas asfálticas en caliente de alto módulo y en la elaboración de mezclas de alta resistencia a las deformaciones y a la fatiga.

Se realizó la caracterización de un ligante asfáltico modificado Tipo V, el cual es representativo al asfalto utilizado en la creación de las mezclas asfálticas de alto módulo en la ciudad de Bogotá, tal como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Precedencia de ligante asfáltico modificado Tipo V de baja penetración

Código de muestra	Descripción
P024-14	Ligante asfáltico modificado Tipo V

A los materiales mostrados en la Tabla 17 se le realizaron los ensayos de caracterización descritos en el numeral 3.3.1 del presente documento.

Los reportes de laboratorio correspondientes a los ensayos de caracterización del ligante asfáltico modificado tipo V se encuentran en el ANEXO E.

4 ELABORACIÓN, CARACTERIZACIÓN, Y EVALUACIÓN DINÁMICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

4.1 Diseños de mezcla

Una mezcla asfáltica en caliente es la combinación de agregado pétreo de granulometría bien gradada, uniformemente mezclados en caliente con cemento asfáltico. En Bogotá las mezclas de concreto asfáltico en caliente se clasifican en cuatro categorías, de acuerdo con las "Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá" en su Sección 510-11 (Mezclas asfálticas en caliente densas, semidensas, gruesas, y de alto módulo), del Instituto de Desarrollo Urbano IDU (2011c), en:

- Mezcla densa en caliente (MD).
- Mezcla semi-densa en caliente (MS).
- Mezcla gruesa en caliente (MG).
- Mezcla de alto módulo (MAM).

En esta especificación, la designación de las mezclas asfálticas se compone de una combinación de letras mayúsculas y números arábigos. Las letras se refieren al tipo de mezcla y su temperatura de preparación y colocación, en tanto que los números dependen del tamaño máximo nominal del agregado pétreo, definido como el número entero, en milímetros, que más se acerca a la abertura del primer tamiz que retiene de forma acumulada más de diez por ciento (10 %), en masa, del agregado.

El agregado pétreo utilizado para la elaboración de las mezclas asfálticas en caliente debe satisfacer los requisitos de granulometría, calidad del agregado grueso y calidad del agregado fino (Tablas 510.1, 510.2, y 510.4 de la especificación técnica "Mezclas asfálticas en caliente densas, semidensa, gruesas, y de alto módulo" del Instituto de Desarrollo Urbano IDU, (2011c)).

El ligante asfáltico utilizado para la elaboración de las mezclas asfálticas en caliente debe cumplir los requisitos de calidad presentados en la Tabla 200.1 de la especificación técnica "Cemento asfáltico" (2011a), y la Tabla 202.1 de la especificación técnica "Cemento asfáltico modificado con polímeros" (2011b) para la mezcla de alto módulo, del Instituto de Desarrollo Urbano IDU.

El diseño de este tipo de mezclas se realizó por medio de la metodología Marshall (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007z), teniendo en cuenta los criterios que se

presentan en la Tabla 510.8 de la especificación técnica “Mezclas asfálticas en caliente densas, semidensa, gruesas, y de alto módulo” del Instituto de Desarrollo Urbano IDU (2011c). En esta metodología se mide la resistencia de la mezcla en tensión bajo carga monotónica, además de la porosidad, densidad y el porcentaje óptimo de asfalto que debe presentar la mezcla para su respectivo diseño.

Adicionalmente se deben realizar unas consideraciones adicionales para el diseño de este tipo de mezcla, las cuales son:

- La resistencia a tracción de la mezcla (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007l) en curado húmedo debe ser al menos 80% de la alcanzada bajo condición seca. La relación TSR en % (resistencia a tracción seco/húmedo) que experimentaron las mezclas estudiadas se muestra en el numeral 5.3.
- Para capas de rodadura e intermedia en vías con bajos volúmenes de tránsito y para mezclas de alto módulo (MAM), la velocidad de deformación en el ensayo de resistencia a la deformación plástica mediante la pista de laboratorio (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007x) no podrá ser mayor de 15 µm/min para mezclas que se vayan a emplear en zonas donde la temperatura media anual es superior a 24° C, ni mayor de 20 µm/min para regiones con temperaturas hasta de 24°C. La velocidad de deformación permanente que experimentaron las mezclas estudiadas se presentan en el numeral 5.3.
- El valor del módulo resiliente para la mezcla de alto módulo (MAM) medido por medio de la norma de ensayo INV E- 749-07 (2007h) a 20° C y una frecuencia de 10 Hz debe ser superior a diez mil megapascales (10,000 MPa).

Para el caso específico de este proyecto, se realizaron los diseño de mezcla y la caracterización dinámica de:

- Mezcla MD12 con cemento asfáltico Barrancabermeja 60-70.
- Mezcla MD12 con cemento asfáltico Apiay 60-70.
- Mezcla MS25 con cemento asfáltico Barrancabermeja 60-70.
- Mezcla MS25 con cemento asfáltico Apiay 60-70.
- Mezcla MG20 con cemento asfáltico Barrancabermeja 60-70.
- Mezcla MG20 con cemento asfáltico Apiay 60-70.
- Mezcla MAM20 con cemento asfáltico modificado Tipo V de baja penetración.

En la Figura 67 y la Figura 68 se presenta el desarrollo del ensayo de resistencia de mezclas asfálticas en caliente presentadas anteriormente empleando el aparato Marshall, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 67. Ensayo de resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall



Figura 68. Ensayo de resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall

4.1.1 Diseño de la mezcla MD12 con cemento asfáltico Barrancabermeja 60-70

En la Tabla 18 se presentan, a manera de resumen, las características más importantes del diseño de la mezcla MD12 con ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70. Los reportes de laboratorio correspondientes a estos diseños de mezcla se encuentran en el ANEXO F.

Tabla 18. Características diseño de mezcla MD12 Barrancabermeja 60-70

Característica	Unidad	Especificación	Diseño
Contenido óptimo de asfalto	%	-	5,4
Estabilidad	kg	≥ 900	1640,0
Flujo	mm	2,0-3,5	3,6
Relación estabilidad / flujo	kg/mm	300-600	455,6
Vacíos con aire	%	4,0-6,0	4,0
Vacíos llenos de asfalto	%	65-75	73,0
Vacíos en agregado mineral	%	≥ 15	14,3
Densidad	kg /m^3	-	2334,0

El incumplimiento en flujo en la mezcla MD12 fabricada con cemento asfáltico CA 60-70 proveniente de Barrancabermeja, cuyo resultado fue de 1/10 mm por encima de lo especificado por el Instituto para este tipo de mezcla, y a pesar de los buenos agregados utilizados provenientes del río Coello (con desgaste en la máquina de las Ángeles de 27%), no se considera relevante al momento de evaluar el desempeño mecánico de la mezcla asfáltica, ya que es de mayor relevancia la relación estabilidad/flujo para el control de la fisuración de la mezcla asfáltica en uso, teniéndose para esta mezcla un valor de 455,6 kg/mm (el valor especificado por el Instituto debe estar entre 300 y 600 kg/mm).

4.1.2 Diseño de la mezcla MD12 con cemento asfáltico Apiay 60-70

En la Tabla 19 se presentan, a manera de resumen, las características más importantes del diseño de la mezcla MD12 con ligante asfáltico Apiay 60-70. Los reportes de laboratorio correspondientes a estos diseños de mezcla se encuentran en el ANEXO G.

Tabla 19. Características diseño de mezcla MD12 Apiay 60-70

Característica	Unidad	Especificación	Diseño
Contenido óptimo de asfalto	%	-	5,2
Estabilidad	kg	≥ 900	1800,0
Flujo	mm	2,0-3,5	3,5

Característica	Unidad	Especificación	Diseño
Relación estabilidad / flujo	kg/mm	300-600	514,3
Vacíos con aire	%	4,0-6,0	4,3
Vacíos llenos de asfalto	%	65-75	72,0
Vacíos en agregado mineral	%	≥ 15	14,6
Densidad	kg /m^3	-	2310,0

4.1.3 Diseño de la mezcla MS25 con cemento asfáltico Barrancabermeja 60-70

En la Tabla 20 se presentan, a manera de resumen, las características más importantes del diseño de la mezcla MS25 con ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70. Los reportes de laboratorio correspondientes a estos diseños de mezcla se encuentran en el ANEXO H.

Tabla 20. Características diseño de mezcla MS25 Barrancabermeja 60-70

Característica	Unidad	Especificación	Diseño
Contenido óptimo de asfalto	%	-	5,0
Estabilidad	kg	≥ 900	1420,0
Flujo	mm	2,0-3,5	3,4
Relación estabilidad / flujo	kg/mm	300-600	515,2
Vacíos con aire	%	4,0-6,0	4,2
Vacíos llenos de asfalto	%	65-75	70,0
Vacíos en agregado mineral	%	≥ 13	14,1
Densidad	kg /m^3	-	2324,0

4.1.4 Diseño de la mezcla MS25 con cemento asfáltico Apiay 60-70

En la Tabla 21 se presentan, a manera de resumen, las características más importantes del diseño de la mezcla MS25 con ligante asfáltico Apiay 60-70. Los reportes de laboratorio correspondientes a estos diseños de mezcla se encuentran en el ANEXO I.

Tabla 21. Características diseño de mezcla MS25 Apiay 60-70

Característica	Unidad	Especificación	Diseño
Contenido óptimo de asfalto	%	-	4,7
Estabilidad	kg	≥ 900	2030,0

Característica	Unidad	Especificación	Diseño
Flujo	mm	2,0-3,5	3,5
Relación estabilidad / flujo	kg/mm	300-600	580,0
Vacíos con aire	%	4,0-6,0	5,0
Vacíos llenos de asfalto	%	65-75	65,0
Vacíos en agregado mineral	%	≥ 13	14,2
Densidad	kg /m^3	-	2312,0

4.1.5 Diseño de la mezcla MG20 con cemento asfáltico Barrancabermeja 60-70

En la Tabla 22 se presentan, a manera de resumen, las características más importantes del diseño de la mezcla MG20 con ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70. Los reportes de laboratorio correspondientes a estos diseños de mezcla se encuentran en el ANEXO J.

Tabla 22. Características diseño de mezcla MG20 Barrancabermeja 60-70

Característica	Unidad	Especificación	Diseño
Contenido óptimo de asfalto	%	-	4,7
Estabilidad	kg	≥ 900	1325,0
Flujo	mm	2,0-3,5	3,4
Relación estabilidad / flujo	kg/mm	300-600	389,7
Vacíos con aire	%	4,0-6,0	4,5
Vacíos llenos de asfalto	%	65-75	68,0
Vacíos en agregado mineral	%	≥ 14	14,5
Densidad	kg /m^3	-	2304,0

4.1.6 Diseño de la mezcla MG20 con cemento asfáltico Apiay 60-70

En la Tabla 23 se presentan, a manera de resumen, las características más importantes del diseño de la mezcla MG20 con ligante asfáltico Apiay 60-70. Los reportes de laboratorio correspondientes a estos diseños de mezcla se encuentran en el ANEXO K.

Tabla 23. Características diseño de mezcla MG20 Apiay 60-70

Característica	Unidad	Especificación	Diseño
Contenido óptimo de asfalto	%	-	4,7
Estabilidad	kg	≥ 900	1660,0

Característica	Unidad	Especificación	Diseño
Flujo	mm	2,0-3,5	3,5
Relación estabilidad / flujo	kg/mm	300-600	474,3
Vacíos con aire	%	4,0-6,0	4,3
Vacíos llenos de asfalto	%	65-75	65,0
Vacíos en agregado mineral	%	≥ 14	15,2
Densidad	kg /m^3	-	2286,0

4.1.7 Diseño de la mezcla MAM20 con cemento asfáltico tipo V

En la Tabla 23 se presentan, a manera de resumen, las características más importantes del diseño de la mezcla MAM20 con ligante asfáltico tipo V. Los reportes de laboratorio correspondientes a estos diseños de mezcla se encuentran en el ANEXO L.

Tabla 24. Características diseño de mezcla MAM20 tipo V

Característica	Unidad	Especificación	Diseño
Contenido óptimo de asfalto	%	-	4,7
Estabilidad	kg	≥ 1500	2300,0
Flujo	mm	2,0-3,0	3,6
Relación estabilidad / flujo	kg/mm	-	638,9
Vacíos con aire	%	4,0-6,0	5,0
Vacíos llenos de asfalto	%	65-75	66,0
Vacíos en agregado mineral	%	≥ 14	14,3
Densidad	kg /m^3	-	2313,0

4.2 Caracterización de mezclas asfálticas en caliente

Con el fin de realizar la caracterización y evaluación dinámica de las mezclas asfálticas en caliente, se realizaron los siguientes ensayos de caracterización:

- Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas (INV E-749-07).
- Resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas a esfuerzo controlado (EN 12697-24).
- Evaluación de la suceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta (INV E-725-07).

- Resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensayo de laboratorio (INV E-756-07).

Antes de compactar las mezclas asfálticas mencionadas en el numeral 4.1, estas fueron sometidas a un proceso de envejecimiento a corto plazo de acuerdo con la metodología STOA (por sus siglas en inglés de *Short Term Oven Aging*).

4.2.1 Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas

El ensayo de tensión indirecta con cargas repetidas, para determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas, se realiza aplicando al espécimen una carga de compresión repetida con una forma de onda adecuada según la norma de ensayo. La carga se aplica verticalmente en un plano diametral de un espécimen cilíndrico de concreto asfáltico. La deformación horizontal resultante del espécimen se mide, y esta medición, junto con una relación de Poisson asumida, se emplea para calcular un módulo resiliente (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007h).

Los valores del módulo resiliente se pueden emplear para evaluar la calidad relativa de los materiales, así como para generar datos de entrada para el diseño, la evaluación y el análisis de pavimentos. El ensayo se puede emplear para estudiar efectos de temperatura, rata de carga, períodos de reposo, etc. (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007h).

En la Figura 69 y la Figura 70 se presenta el desarrollo del ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.

Los resultados de laboratorio se presentan en el numeral 5.4.1, y los reportes de laboratorio correspondientes a este ensayo para estas mezclas se encuentran en el ANEXO F al ANEXO L.

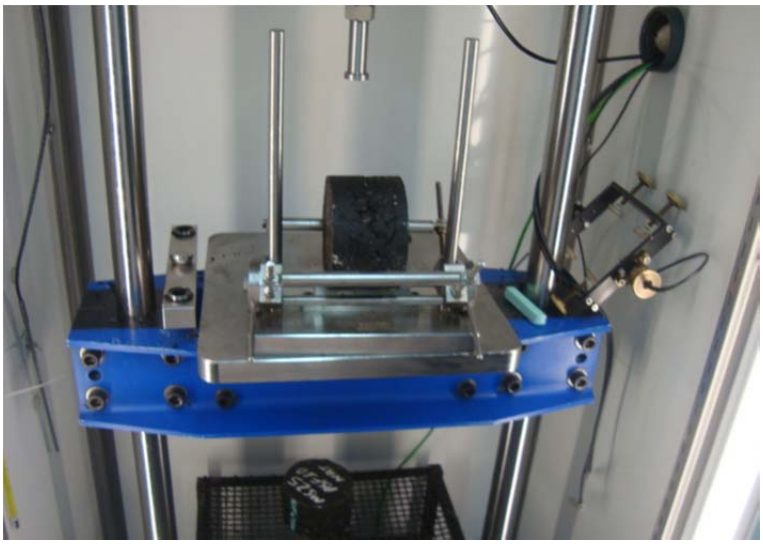


Figura 69. Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas

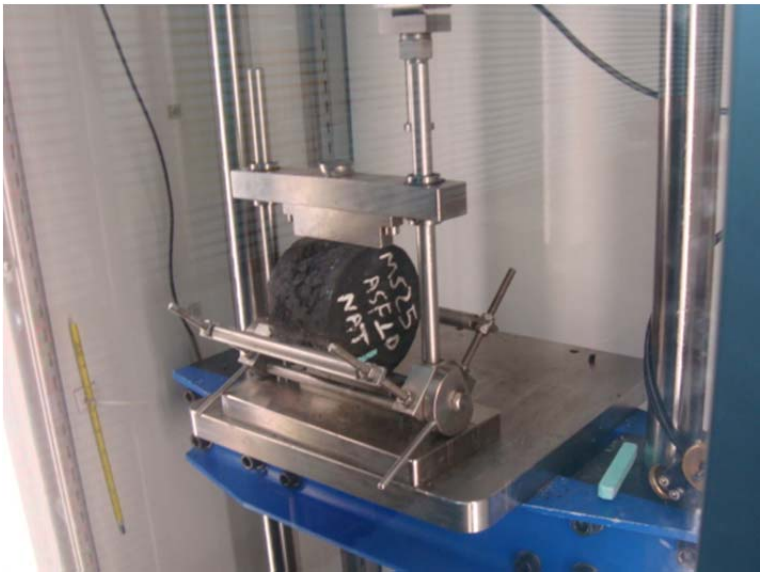


Figura 70. Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas

4.2.2 Resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas

Los ensayos de resistencia a la fatiga se realizaron bajo esfuerzo controlado, manteniendo un nivel de deformación constante y controlando el esfuerzo aplicado. Para este e sayo se empleó el *Nottingham Asphalt Tester* NAT (Ver Figura 71). El NAT es un equipo diseñado para medir las propiedades mecánicas en materiales asfálticos por

medio de una rutina simple en la que una muestra cilíndrica es sometida a cargas repetitivas de compresión diametral hasta la falla.

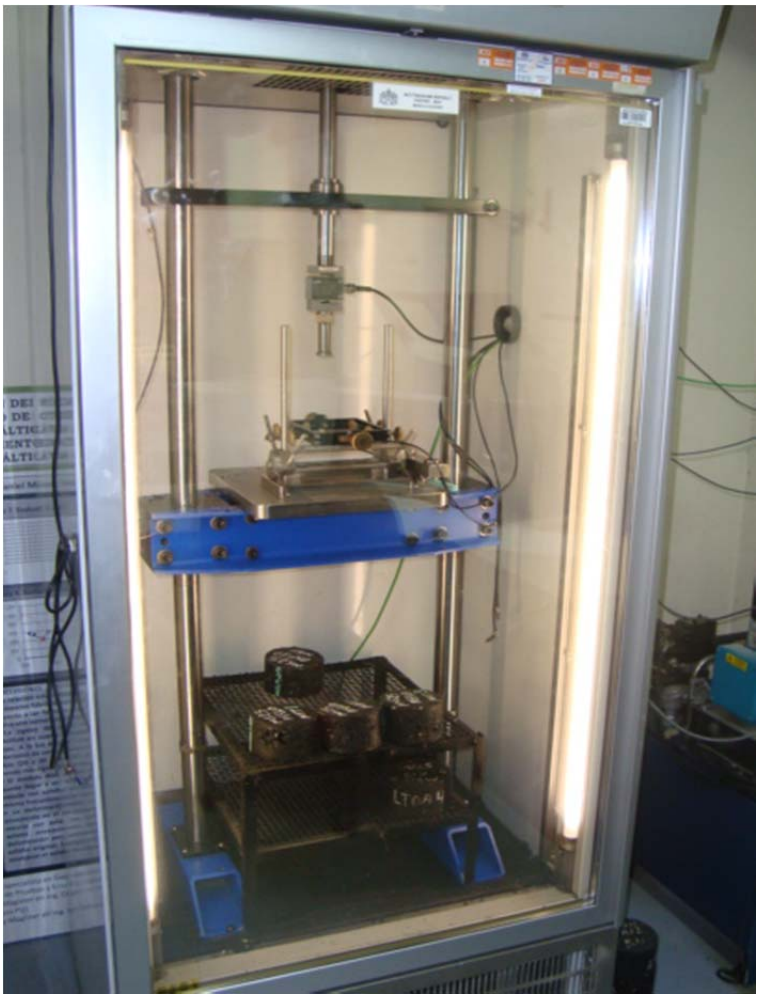


Figura 71. Nottingham Asphalt Tester (NAT)

En la Figura 72 y la Figura 73 se presenta el desarrollo del ensayo de resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas a esfuerzo controlado, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.

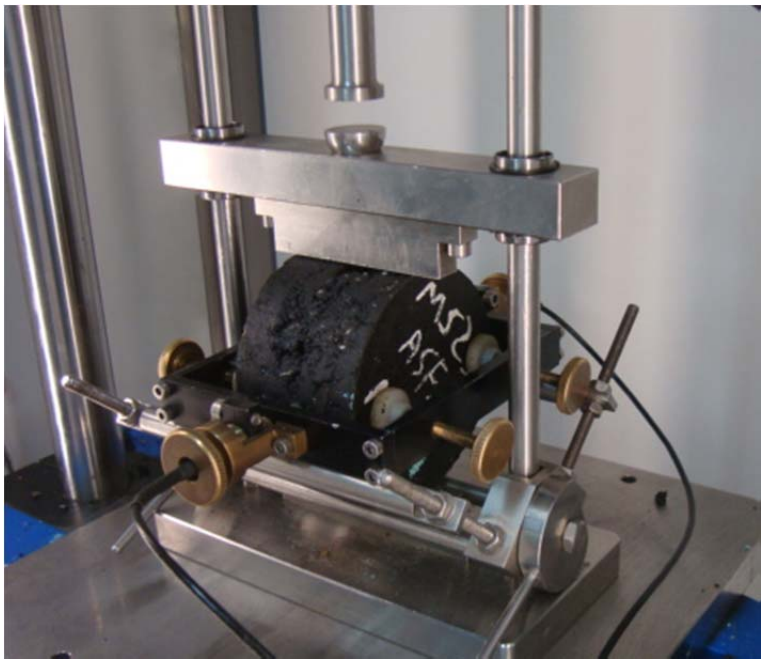


Figura 72. Ensayo de resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas a esfuerzo controlado

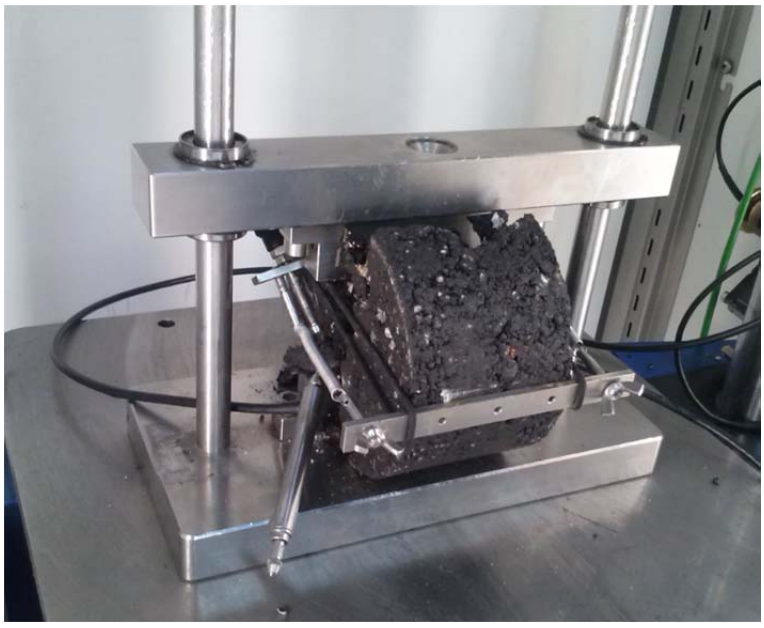


Figura 73. Ensayo de resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas a esfuerzo controlado

Los resultados de laboratorio se presentan en el numeral 5.4.2, y los reportes de laboratorio correspondientes a estos ensayos se encuentran en el en el ANEXO F al ANEXO L.

4.2.3 Susceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta – TSR

Este método de prueba establece los procedimientos para preparar y probar especímenes de concreto asfáltico con el propósito de medir el efecto del agua sobre la resistencia a la tracción indirecta. Este método de prueba se usa para evaluar el efecto de la humedad en las mezclas elaboradas con o sin aditivo adhesivo (anti-stripping), incluidos líquidos y sólidos pulverulentos, tales como cal hidratada o cemento Pórtland (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007l).

La susceptibilidad de daño por humedad se determina preparando un grupo de especímenes compactados en el laboratorio de acuerdo con la fórmula de trabajo de la mezcla. El grupo es dividido en dos subgrupos con contenidos de vacíos aproximadamente iguales; cada espécimen debe tener su par en el otro grupo. Un grupo es mantenido en seco mientras que el otro es parcialmente saturado con agua y acondicionado en un baño de agua. La resistencia a la tracción de cada uno de los subgrupos se determina por la prueba de tracción indirecta. El potencial de daño por humedad es indicado por la relación entre la resistencia a la tensión del subgrupo húmedo y la del subgrupo seco (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007l).

En la Figura 74 y la Figura 75 se presenta el desarrollo del ensayo de evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta – TSR, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 74. Evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta – TSR

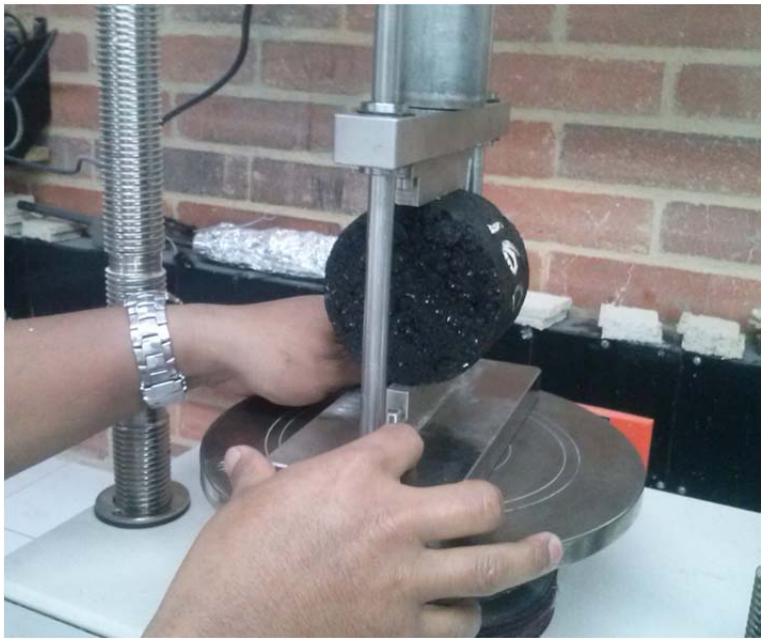


Figura 75. Evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta – TSR

Los resultados de laboratorio se presentan en el numeral 5.3, y los reportes de laboratorio correspondientes a este ensayo para estas mezclas se encuentran en el en el ANEXO F al ANEXO L.

4.2.4 Resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensayo de laboratorio

Este ensayo consiste en someter una probeta de la mezcla asfáltica al paso alternativo de una rueda en condiciones determinadas de presión y temperatura, midiéndose periódicamente la profundidad de la deformación producida (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007x).

Para capas de rodadura e intermedia en vías de tránsito T4 y T5 y mezclas de alto módulo, la mezcla definida como óptima al efectuar el diseño Marshall deberá ser verificada con la medida de su resistencia a la deformación plástica mediante la pista de ensayo de laboratorio, según la norma de ensayo INV E-756 (2007x). La velocidad de deformación en el intervalo comprendido entre ciento cinco (105) y ciento veinte (120) minutos no podrá ser mayor de 15 µm/minuto para mezclas que se vayan a emplear en pavimentos sometidos a un tránsito equivalente a la clase T5, ni mayor de 20 µm/minuto para mezclas que vayan a servir tránsitos T4. Si este requisito no se cumple, se deberán

efectuar los ajustes necesarios en el diseño de la mezcla. Para tránsitos del nivel T0 y T3 no se requerirá la ejecución de esta prueba (Instituto de Desarrollo Urbano IDU, 2011b).

En la Figura 76 y la Figura 77 se presenta el desarrollo del ensayo resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensayo de laboratorio, por parte de los técnicos del laboratorio de la PUJ.



Figura 76. Resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensayo de laboratorio



Figura 77. Resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensayo de laboratorio

Los resultados de laboratorio se presentan en el numeral 5.3, y los reportes de laboratorio correspondientes a este ensayo para estas mezclas se encuentran en el en el ANEXO F al ANEXO L.

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis de resultados y recomendaciones de la caracterización de agregados

En la Tabla 25 se presentan los ensayos de caracterización ejecutados sobre los agregados pétreos del tamaño de las gravas, y en la Tabla 26 se presentan los ensayos de caracterización ejecutados sobre los agregados pétreos del tamaño de las arenas y los finos.

Se observa en los resultados de los ensayos, que el agregado pétreo analizado puede ser utilizado para la fabricación de mezclas de concreto asfáltico a ser utilizadas para capas de base asfáltica e intermedia, para cualquier nivel de tráfico (T0-T5), y para capas de rodadura con tráfico T0-T3, de acuerdo a las especificaciones técnicas IDU-ET-2011 (2011c).

Con base en los resultados de desgaste en la máquina de Los Ángeles, Micro-Deval y 10% de finos se reporta, que el agregado pétreo grueso empleado para la fabricación de las mezclas asfálticas del presente estudio es de buena resistencia al desgaste por impacto y por abrasión, así como al fracturamiento de partículas. Así mismo se observa, que dicho agregado pétreo es de buena resistencia a desintegrarse cuando dentro de sus poros, el agua expande por congelamiento (ensayo de sanidad en sulfato de sodio) y presenta partículas con formas ideales (redondeadas con caras angulares y fracturadas con muy poco contenido de partículas alargadas y aplanadas) para desarrollar un esqueleto granular que ayude en procesos de compactación de mezclas asfálticas, así como a resistir cargas estáticas, dinámicas o de impacto. Adicionalmente se observa que las partículas finas no presentan contenido de arcilla, materia orgánica en exceso o de polvo que generen disminución de adherencia entre el agregado pétreo y el asfalto, y disminución de resistencia y durabilidad de la mezcla por exceso de finos o contaminantes.

En la Tabla 26 se observa que el resultado del Equivalente de Arena para la Arena de peña arrojó un resultado de 23,00 ± 1,16. Para el diseño de las mezclas asfálticas, este resultado no se considera para rechazo del material debido a que la proporción de la arena de peña dentro del total de la arena empleada en la mezcla asfáltica fue del 5%.

Tabla 25. Caracterización de agregados pétreos (gravas)

Ensayo	Norma de ensayo	Unidad	Valor Admisibles de acuerdo a las Especificaciones IDU		Resultados del Ensayo		
			Mínimo	Máximo	P024-2 y P025-2 Grava 1"	P024-3 y P025-3 Grava 3/4"	P024-4 y P025-4 Grava 1/2"
Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5mm (1½") por medio de la máquina de Los Ángeles	INV E-218	%	-	30	27 ± 0,24	28 ± 0,25	27 ± 0,24
Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10 % de Finos	INV E-224	kN	75	-	185 ± 23	143 ± 19	162 ± 20
Determinación de la resistencia al desgaste utilizando el equipo Micro-Deval	INV E-238	%	-	25	11,90 ± 0,65	12,50 ± 0,68	12,9 ± 0,71
Gravedad específica bulk	INV E-223	g/cm^3	-	-	2,51 ± 0,01	2,53 ± 0,01	2,47 ± 0,01
Gravedad específica aparente	INV E-223	g/cm^3	-	-	2,62 ± 0,01	2,66 ± 0,01	2,66 ± 0,01
Absorción de los agregados gruesos	INV E-223	%	-	-	1,70 ± 0,21	1,90 ± 0,24	2,90 ± 0,36

Tabla 26. Caracterización agregados pétreos tamaño de arenas y finos

Ensayo	Norma de ensayo	Unidad	Valor Admisibles de acuerdo a las Especificaciones IDU		Resultados del Ensayo		
			Mínimo	Máximo	P024-5 y P025-5 Arena Triturada	P024-6 y P025-6 Arena natural	P024-7 y P025-7 Arena de peña
Límite líquido de los suelos	INV E-125	%	-	-	NL	NL	NL
Límite plástico e índice de plasticidad	INV E-126	%	NP		NP	NP	NP
Equivalente de arena	INV E-133	%	40	-	-	77,00 ± 3,88	23,00 ± 1,16
Gravedad específica bulk	INV E-222	g/cm^3	-	-	2,52 ± 0,02	2,50 ± 0,02	2,48 ± 0,02
Gravedad específica aparente	INV E-222	g/cm^3	-	-	2,639	2,61	2,58
Absorción de los agregados finos	INV E-222	%	-	-	1,81 ± 0,02	1,68 ± 0,02	1,62 ± 0,02

5.2 Análisis de resultados y recomendaciones de la caracterización de los ligantes asfálticos

En la Tabla 27 y Tabla 28 se presentan los resultados de los ensayos de caracterización típicos que se ejecutaron sobre los dos cementos asfálticos CA 60-70 provenientes de las refinerías de la Empresa Colombiana de Petróleos – ECOPETROL, en Barrancabermeja y Apiay (denominados CAB y CAA, respectivamente), y del cemento asfáltico (CA) modificado tipo V (denominado CAV). Se observa que los asfaltos CA 60-70 cumplen con los requisitos mínimos de calidad que exigen las especificaciones técnicas IDU-ET-2011 (2011a) para ser empleados como ligantes en la fabricación de mezclas de concreto asfáltico. Para el caso del CA modificado tipo V, el valor de penetración obtenido excede ligeramente al valor máximo recomendado por las especificaciones técnicas IDU-ET-2011 (2011b). En la Tabla 29 a la Tabla 31 se presentan los resultados de los ensayos de caracterización reológica que se ejecutaron sobre los dos cementos asfálticos CA 60-70 provenientes de Barrancabermeja y Apiay, y del CA modificado tipo V respectivamente.

De acuerdo con los resultados reportados en la Tabla 29 y Tabla 30, el grado de desempeño a altas temperaturas de servicio del CA 60-70 proveniente de Barrancabermeja (CAB) y CA 60-70 proveniente de Apiay (CAA) es 58° C y 64° C, respectivamente. A temperaturas intermedias de servicio, los CAA y CAB experimentaron un grado de desempeño de 19° C y 22° C, respectivamente. Con base en los resultados de viscosidad, y la relación entre el módulo de corte (G^*) y el seno del ángulo de fase (δ), se observa en la Tabla 29 y Tabla 30 que el CAA presenta mayor rigidez que el CAB cuando no ha sido sometido a ningún proceso de envejecimiento a corto y largo plazo. Estos resultados son acordes con los valores de caracterización típicos presentados en la Tabla 27. En el ensayo de envejecimiento a corto plazo de película delgada (RTFOT) reportado en la Tabla 27, el asfalto que experimentó mayor incremento en penetración, punto de ablandamiento y pérdida de masa fue el CAA. Lo anterior indujo el incremento en el grado de desempeño a alta temperatura. Este comportamiento cambia cuando los asfaltos CA 60-70 son sometidos a procesos de envejecimiento a largo plazo en RTFOT+PAV. Cuando estos dos asfaltos envejecen, el CAB experimenta mayor rigidez y envejecimiento que el CAA. Lo anterior induce a pensar que en los procesos de fabricación de mezclas de concreto asfáltico en plantas de asfalto, y en los procesos de extensión y compactación en obra, así como durante la vida útil en servicio, las mezclas fabricadas con estos asfaltos experimentarán un incremento en rigidez mayor cuando sean manufacturadas con CAB. En síntesis, el asfalto CAA presenta mejor grado de desempeño que el CAB, lo que se traduce en mayor resistencia a las deformaciones permanentes en climas de alta temperatura, mayor resistencia al envejecimiento a largo plazo y al agrietamiento en temperaturas intermedias.

El asfalto modificado tipo V presenta una mayor rigidez que los CA 60-70 convencionales (CAA y CAB sin modificar) (ver Tabla 28 y Tabla 31). El grado de desempeño del asfalto tipo V a altas temperaturas de servicio es 76° C, y a temperaturas intermedias es de 7° C. Con relación a los asfaltos convencionales CAA y CAB, el asfalto modificado tipo V incrementó su máxima temperatura de servicio, resultando las mezclas fabricadas con este último asfalto más resistentes a las deformaciones permanentes. Adicionalmente, el asfalto modificado tipo V aumentó, en comparación con los convencionales, su resistencia al envejecimiento a largo plazo y al agrietamiento a temperaturas intermedias de servicio.

Tabla 27. Caracterización del CA 60-70 de Barrancabermeja (CAB) y Apiay (CAA)

Ensayo	Norma de ensayo	Unidad	Valor Admisible		CAB	CAA
			Mínimo	Máximo		
Penetración	INV E-706	0,1 mm	60	70	68,50 ± 0,50	64,00 ± 0,46
Índice de penetración	-	-	-1,0	1,0	-0,10	0,35
Ductilidad	INV E-702	cm	100	-	100,0 ± 0,00	134,0 ± 0,00
Gravedad específica	INV E-707	g/cm³	-	-	1,01	1,24
Punto de ablandamiento	INV E-712	° C	45	55	51,30 ± 0,74	53,90 ± 0,78
Viscosidad (60º C)	INV E-717	Pa-s	150	300	189,00	366,20
Viscosidad (135º C)	INV E-717	Pa-s	0,22	0,45	0,34	0,40
Adherencia en bandeja	INV. E-740	%	-	-	4,50	3,08
Ensayos sobre el residuo después de RTFOT						
% pérdida de masa en RTFOT	INV E-720	%	-	1,0	0,21 ± 0,01	0,85 ± 0,04
Penetración de los materiales asfálticos al residuo con RTFO	INV E-706	%	54	-	71,50	57,80
Punto de ablandamiento a la muestra envejecida con RTFO	INV E-712	° C	-	9	55,30 ± 0,80	62,10 ± 0,90

El resultado de pérdida de masa para el asfalto de Apiay, con valor de 0.85% (Tabla 27), aunque está por debajo de lo especificado por el IDU e INVÍAS, es un valor que está por encima de 0.8%, valor especificado por normativa francesa (NF EN 12 591) para asfaltos con penetración 60-70.

Tabla 28. Caracterización del CA tipo V (CAV)

Ensayo	Norma de ensayo	Unidad	Valor Admisible		CAV
			Mínimo	Máximo	
Penetración	INV E-706	0,1 mm	15	40	47,00 ± 0,34
Ductilidad	INV E-702	cm	-	-	9,67 ± 0,00
Gravedad específica	INV E-707	g/cm³	-	-	10,07
Punto de ablandamiento	INV E-712	° C	65	-	76,10 ± 1,10
Viscosidad (135º C)	INV E-717	Pa-s	-	-	3,16
Adherencia en bandeja	INV. E-740	%	-	-	2,20
Ensayos sobre el residuo después de RTFOT					
Pérdida de masa en RTFOT	INV E-720	%	-	1,0	0,26 ± 0,01
Penetración de los materiales asfálticos al residuo con RTFO	INV E-706	%	70	-	69,10
Punto de ablandamiento a la muestra envejecida con RTFO	INV E-712	°C	-	-	78,30 ± 1,14

Tabla 29. Caracterización reológica del CA 60-70 de Barrancabermeja

Temperatura	Frecuencia	δ	G^*	$\lvert G^*\rvert/\text{sen}\delta$	$\lvert G^*\rvert \cdot \text{sen}\delta$	Viscosidad
[°C]	[rad/s]	[°]	[Pa]	[kPa]	[kPa]	[Pa·s]
CA 60-70 de Barrancabermeja sin envejecer						
58	**10**	**87**	**2320,3**	**2,32**	**2,32**	**231,65**
64	10	88	1006,0	1,01	1,01	100,53
70	10	89	471,0	0,47	0,47	47,10
CA 60-70 de Barrancabermeja envejecido en RTFOT						
52	10	82	10670,0	10,77	10,57	1057,10
58	**10**	**84**	**4148,0**	**4,17**	**4,13**	**412,79**
64	10	86	1528,0	1,53	1,52	152,45
CA 60-70 de Barrancabermeja envejecido en RTFOT + PAV						
16	10	42	14689000,0	22129,0	9748,2	974820,0
19	10	44	10322000,0	14851,0	7175,7	717570,0
22	**10**	**48**	**6668500,0**	**8978,0**	**4953,2**	**495320,0**

Tabla 30. Caracterización reológica del CA 60-70 de Apiay

Temperatura	Frecuencia	δ	G^*	$\lvert G^*\rvert/\text{sen}\delta$	$\lvert G^*\rvert \cdot \text{sen}\delta$	Viscosidad
[°C]	[rad/s]	[°]	[Pa]	[kPa]	[kPa]	[Pa·s]
CA 60-70 de Apiay sin envejecer						
58	10	78	4808,3	4,92	4,70	469,50
64	**10**	**81**	**1992,0**	**2,02**	**1,97**	**196,65**
70	10	84	845,0	0,85	0,84	84,04
CA 60-70 de Apiay envejecido en RTFOT						
64	**10**	**72**	**8627,0**	**9,10**	**8,18**	**818,11**
70	10	75	3984,0	4,12	3,85	385,49
76	10	79	1782,0	1,82	1,75	174,80
CA 60-70 de Apiay envejecido en RTFOT + PAV						
13	10	34	13095000,0	23340,0	7347,4	734740,0
16	10	35	9566600,0	16657,0	5494,3	549430,0
19	**10**	**36**	**7083900,0**	**11952,0**	**4198,6**	**419860,0**

Tabla 31. Caracterización reológica del CA modificado tipo V

Temperatura	Frecuencia	δ	G^*	$\lvert G^*\rvert/\text{sen}\delta$	$\lvert G^*\rvert \cdot \text{sen}\delta$	Viscosidad
[°C]	[rad/s]	[°]	[Pa]	[kPa]	[kPa]	[Pa·s]
CA tipo V sin envejecer						
76	**10**	**73**	**2160,80**	**2,25**	**2,07**	**207,08**
82	10	77	1278,00	1,31	1,24	124,28
88	10	79	782,00	0,80	0,77	76,72
CA tipo V envejecido en RTFOT						
70	10	71	3339,00	3,53	3,15	315,62
76	**10**	**74**	**2280,00**	**2,38**	**2,19**	**218,59**
82	10	77	1432,00	1,47	1,39	139,26
CA tipo V envejecido en RTFOT + PAV						
4	10	43	15283000,00	22561,0	10352,0	1035200,0
7	**10**	**44**	**7187700,00**	**10363,0**	**4985,4**	**498540,0**
10	10	43	4271700,00	6216,1	2935,5	293550,0

Los ensayos de adherencia en bandeja se realizaron con las gravas correspondientes a la gradación de una mezcla asfáltica MD12 y para la MAM; esto es, con agregados pétreos provenientes de las dos fuentes utilizadas.

La Figura 78 a Figura 80 presentan las curvas de evolución de la viscosidad con la temperatura de los dos cementos asfálticos CAA y CAB, y el CA modificado tipo V respectivamente. En la Figura 81 se presentan las curvas de evolución de la viscosidad con la temperatura para los tres asfaltos caracterizados. Se observa, en concordancia con los resultados de caracterización reológica, que el asfalto más viscoso es el CA modificado tipo V.

Con base en la Figura 78 y Figura 79, las temperaturas aproximadas de mezclado y compactación en laboratorio para mezclas asfálticas elaboradas con los CA 60-70 de Barrancabermeja y Apiay son de 150° C y 140° C, 151° C y 142° C, respectivamente. Estos valores fueron obtenidos con base en el criterio establecido por la especificación ASTM D6925, en donde la viscosidad requerida para obtener las temperaturas de mezclado y compactación de mezclas asfálticas en caliente del tipo denso son de 85±15 SSF (170 cP) y 140±15 SSF (280 cP), respectivamente. Para el caso del CA modificado tipo V (Figura 80), y empleando el criterio establecido por la especificación ASTM D6925, las temperaturas de mezclado y compactación son 207° C y 193° C, respectivamente. Estos valores fueron cambiados por 175° C y 163° C, teniendo en cuenta:

- Que es de amplio reconocimiento en el mundo, que el criterio establecido por la especificación ASTM D6925 para el caso de asfaltos modificados no es confiable, debido principalmente a que el comportamiento de estos materiales es fuertemente dependiente de la velocidad de corte (fluido no newtoniano), y las temperaturas reportadas por este método son, por lo general, muy altas y no realistas, degradando las propiedades originales del ligante al oxidarlo y envejecerlo.
- Que estas temperaturas (163° C y 175° C) han sido utilizadas por diversos investigadores en la fabricación de mezclas asfálticas modificadas con polímeros plástoméricos y elastoméricos. El Instituto del Asfalto, por ejemplo, recomienda reducir entre 14° C y 25° C las temperaturas de compactación de mezclas asfálticas modificadas, determinadas a partir del criterio establecido por la especificación ASTM D6925.
- Se buscó utilizar temperaturas en las cuales el agregado pétreo no alterara su resistencia al fracturamiento durante la compactación en laboratorio, que el asfalto no se oxidara en exceso, que la fabricación de mezclas no generara altas emisiones contaminantes a la atmósfera, y que la mezcla resultante cumpliera con los criterios volumétricos y de resistencia establecidos para su diseño en el laboratorio.

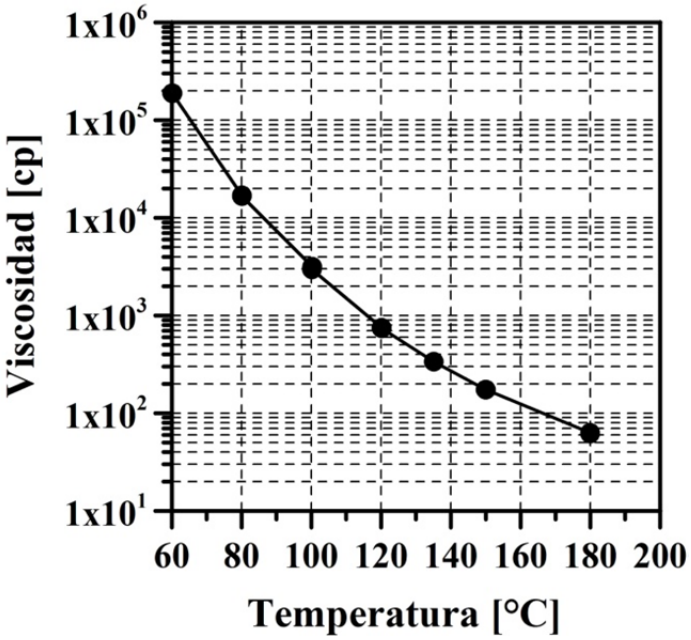


Figura 78. Curva de viscosidad CA 60-70 de Barrancabermeja

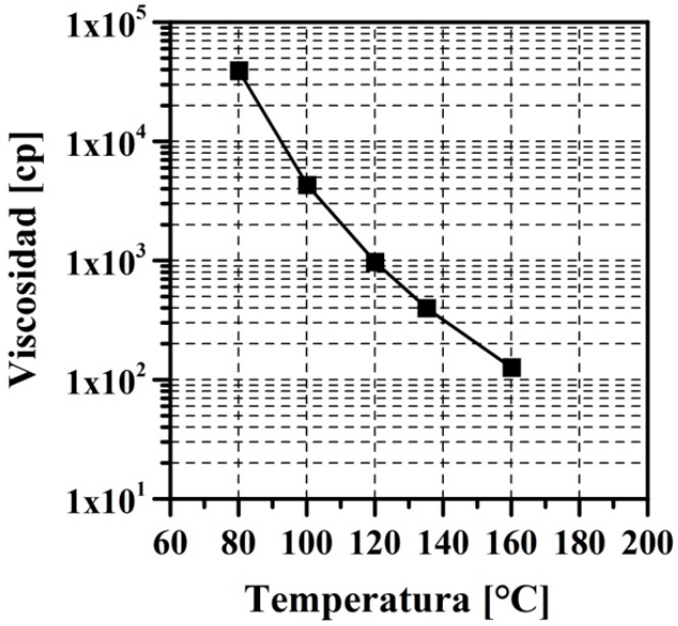


Figura 79. Curva de viscosidad CA 60-70 de Apiay

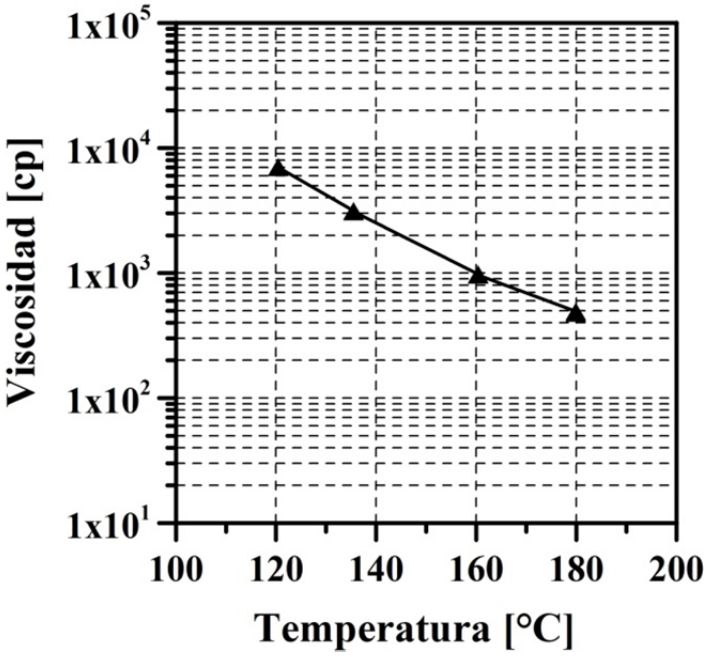


Figura 80. Curva de viscosidad CA tipo V

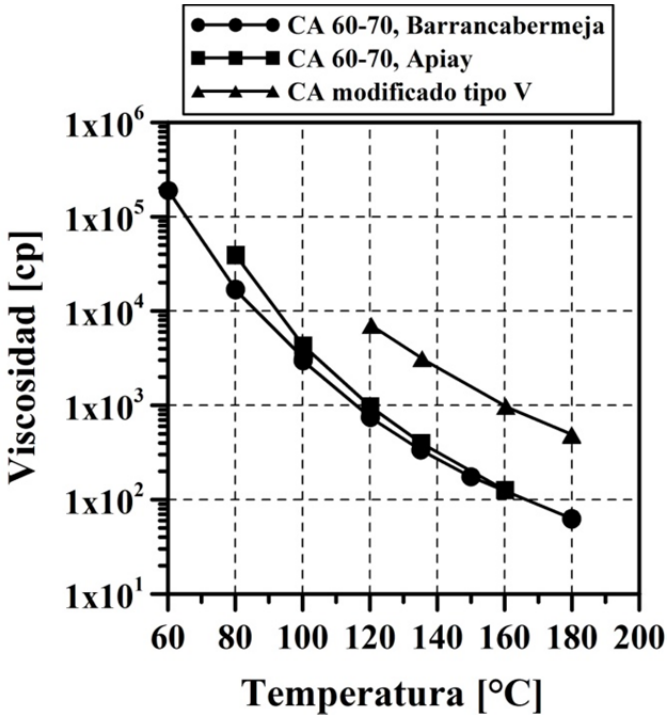


Figura 81. Curva de viscosidad de los asfaltos analizados

5.3 Análisis de resultados y recomendaciones de los diseños de mezcla

En la Tabla 18 a la Tabla 23 se presentó, a manera de resumen, el porcentaje óptimo de asfalto obtenido del diseño de las mezclas MD12, MG20 y MS25 (fabricadas con CA 60-70 de Apiay y Barrancabermeja, respectivamente) y el de la mezcla MAM20 con CA tipo V de baja penetración. El diseño de las mezclas se obtuvo con base en los criterios establecidos en las especificaciones técnicas IDU-ET-2011 (2011c). Adicionalmente se tuvo como criterios los siguientes:

- La resistencia a tracción de la mezcla en curado húmedo (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007l), debe ser al menos 80% de la alcanzada bajo condición seca (IDU-ET-2011c). La relación TSR en porcentaje (resistencia a tracción seco/húmedo) que experimentaron las mezclas puede ser consultada en la Tabla 32 y la Figura 82 y Figura 83.
- Para capas de rodadura e intermedia en vías con altos volúmenes de tránsito, y para la mezcla asfáltica MAM20, la velocidad de deformación en el ensayo de resistencia a la deformación plástica mediante la pista de laboratorio (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007x) no podrá ser mayor de 15 $\mu m/min$ para mezclas que se vayan a emplear en pavimentos sometidos a un tránsito equivalente T5, ni mayor de 20 $\mu m/min$ para mezclas que vaya a servir tránsitos T4 (Especificaciones Técnicas IDU-ET-2011). La velocidad de deformación permanente que experimentaron las mezclas se presenta en la Tabla 33.

El incumplimiento en flujo para la mezcla MD12 fabricada con cemento asfáltico CA 60-70 proveniente de Barrancabermeja (valor de 3,6 mm reportado en la Tabla 18), por encima 1/10 mm de lo especificado por el Instituto para este tipo de mezcla (3,5 mm), y a pesar de los buenos agregados utilizados provenientes del río Coello (con desgaste en la máquina de las Ángeles de 27%), siendo éste un material duro dentro de las normalmente disponibles en la región, no se considera relevante al momento de evaluar el desempeño mecánico de la mezcla asfáltica, ya que es de mayor relevancia la relación estabilidad/flujo para el control de la fisuración de la mezcla asfáltica en uso, teniéndose para esta mezcla un valor de 455,6 kg/mm (el valor especificado por el Instituto debe estar entre 300 y 600 kg/mm). Por otro lado, y con el fin de controlar la evolución del ahuellamiento bajo cargas pesadas, se debe considerar la velocidad de deformación permanente (ahuellamiento) en el intervalo entre 105 y 120 minutos, el cual para esta mezcla, arrojó un valor de 5,7 $\mu m/mm$ (Tabla 33), siendo inferior al valor máximo especificado por el Instituto (15 $\mu m/mm$). De igual forma, para la mezcla asfáltica de alto módulo MAM20 elaborada con el cemento asfáltico modificado tipo V disponible en el mercado, donde se obtuvo un flujo de 3,6 mm (ver Tabla 24), la velocidad de deformación

permanente (ahuellamiento) en el intervalo entre 105 y 120 minutos fue de 2 $\mu m/mm$ (Tabla 33); se aclara que el Instituto no especifica una relación de estabilidad/flujo para este tipo de mezcla asfáltica.

Tabla 32. Resumen de resultados de la evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta – TSR

Mezcla	Norma de ensayo	Unidad	Valor Admisibles de acuerdo a las Especificaciones IDU		Condición de los especímenes		Resultado del Ensayo (S_2/S_1) [%]
			Mínimo	Máximo	Grupo Seco S_1 [kPa]	Grupo Húmedo S_2 [kPa]	
Mezcla MD12 - Asfalto Barrancabermeja 60-70 en estado original	INV E - 725	% (S2/S1)	80	-	813,3	710,3	87,3%
Mezcla MD12 - Asfalto Barrancabermeja 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 725	% (S2/S1)	80	-	1172,5	976,0	83,2%
Mezcla MD12 - Asfalto Apiay 60-70 en estado original	INV E - 725	% (S2/S1)	80	-	945,6	844,6	89,3%
Mezcla MD12 - Asfalto Apiay 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 725	% (S2/S1)	80	-	915,2	860,4	94,0%
Mezcla MS25 - Asfalto Barrancabermeja 60-70 en estado original	INV E - 725	% (S2/S1)	80	-	751,5	641,2	85,3%
Mezcla MS25 - Asfalto Barrancabermeja 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 725	% (S2/S1)	80	-	1215,6	1014,6	83,5%
Mezcla MS25 - Asfalto Apiay 60-70 en estado original	INV E - 725	% (S2/S1)	80	-	621,7	535,9	86,2%
Mezcla MS25 - Asfalto Apiay 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 725	% (S2/S1)	80	-	1105,6	1017,1	92,0%
Mezcla MG20 - Asfalto Barrancabermeja 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 725	% (S2/S1)	80	-	667,2	578,4	86,7%
Mezcla MG20 - Asfalto Apiay 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 725	% (S2/S1)	80	-	763,1	706,2	92,5%
Mezcla MAM20 - Asfalto modificado tipo V Envejecida en STOA	INV E - 725	% (S2/S1)	80	-	766,4	700,0	91,3%

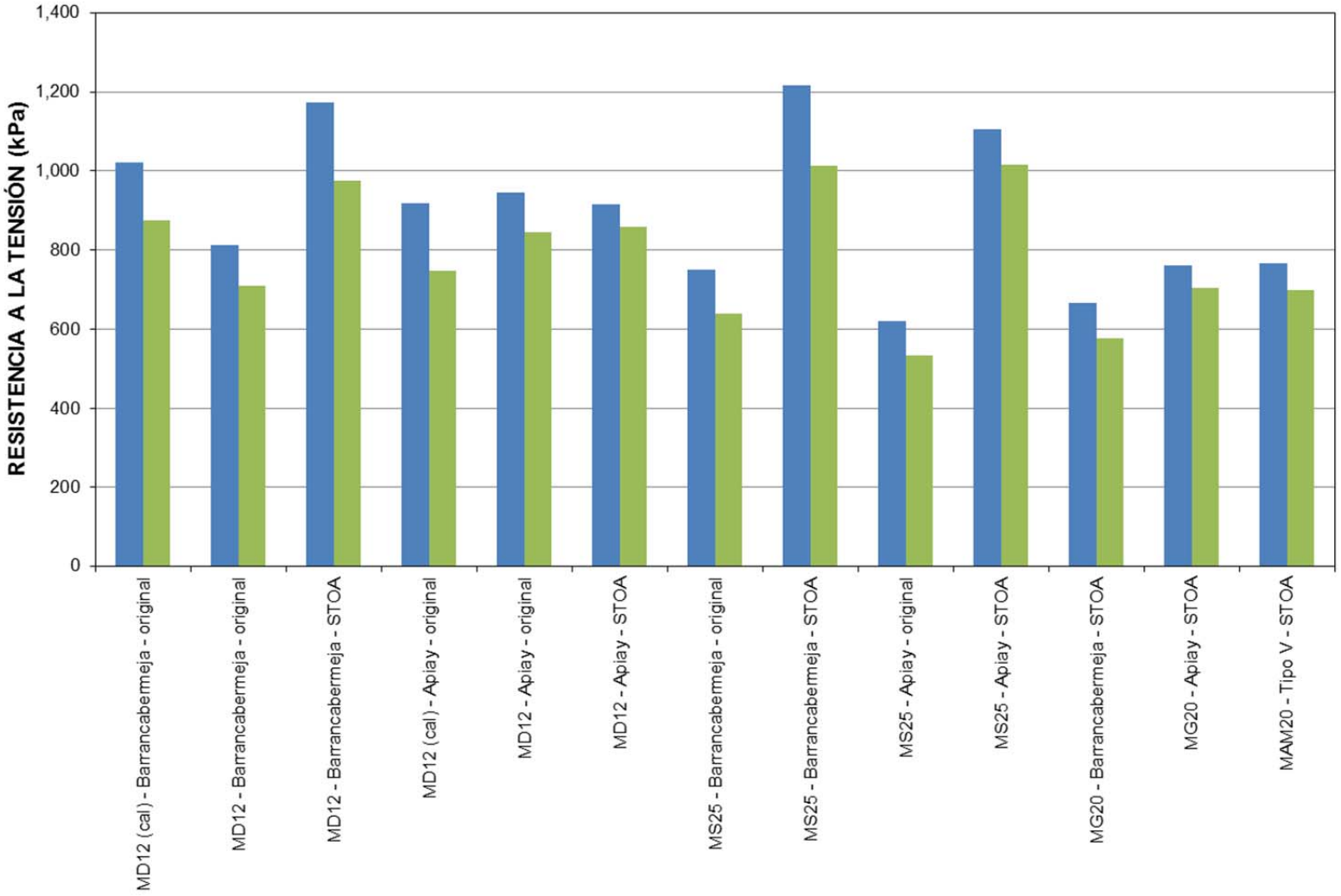


Figura 82. Resistencia a la tensión seca (azul) y húmeda (verde) de las mezclas asfálticas

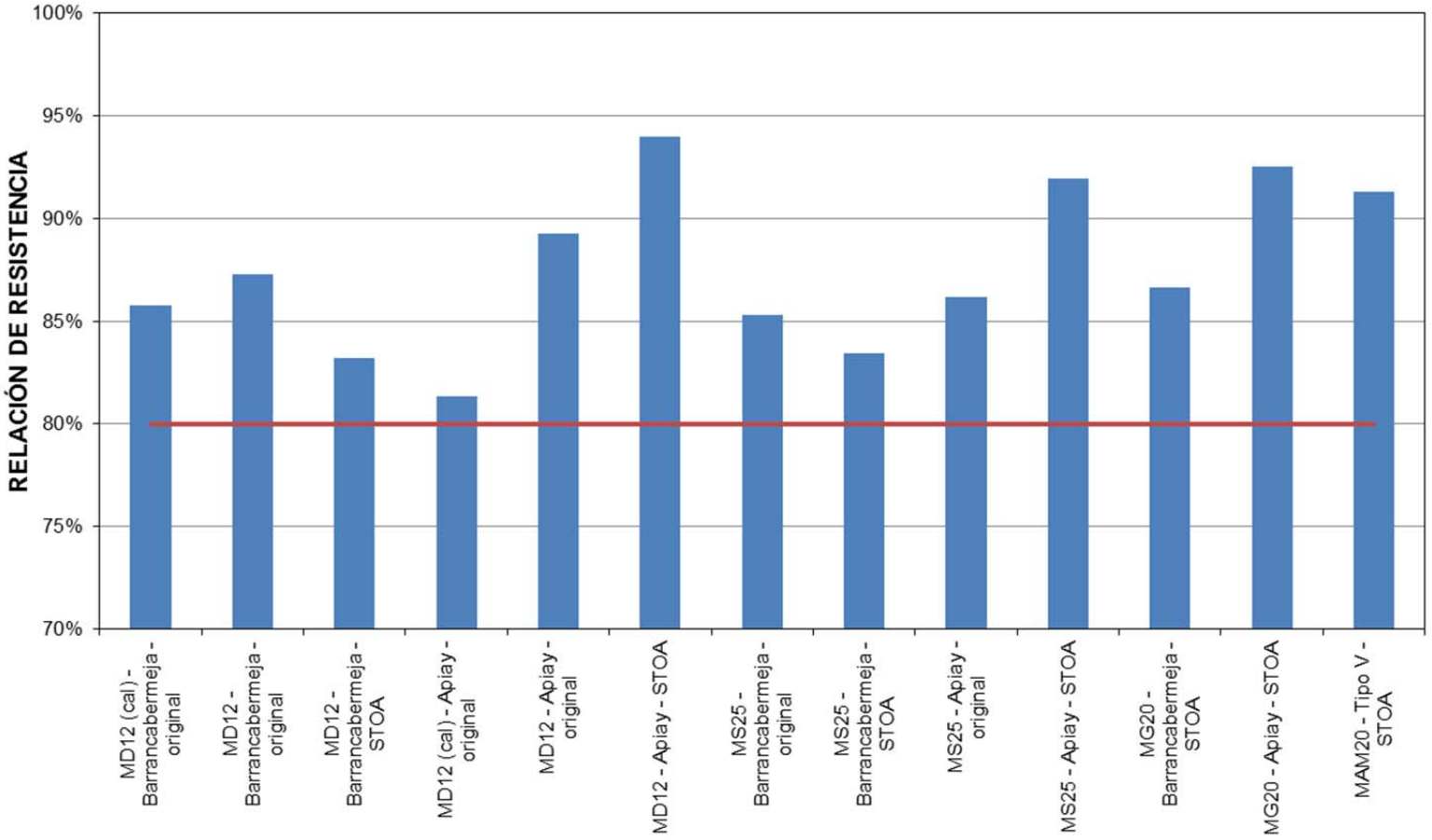


Figura 83. Relación de resistencia a la tensión de las mezclas asfálticas

Tabla 33. Resistencia a la deformación permanente en el intervalo de 105 a 120 minutos

Mezcla	Norma de ensayo	Unidad	Valor Admisibles de acuerdo a las Especificaciones IDU		Resultado del Ensayo
			Mínimo	Máximo	Velocidad en el intervalo de 105 a 120 minutos
Mezcla MD12 - Asfalto Barrancabermeja 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 756	µm/m	-	15	5,7
Mezcla MD12 - Asfalto Apiay 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 756	µm/m	-	15	7,3
Mezcla MS25 - Asfalto Barrancabermeja 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 756	µm/m	-	15	9,5
Mezcla MS25 - Asfalto Apiay 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 756	µm/m	-	15	3,3
Mezcla MG20 - Asfalto Barrancabermeja 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 756	µm/m	-	15	8,0
Mezcla MG20 - Asfalto Apiay 60-70 Envejecida en STOA	INV E - 756	µm/m	-	15	4,0
Mezcla MAM20 - Asfalto modificado tipo V Envejecida en STOA	INV E - 756	µm/m	-	15	2,0

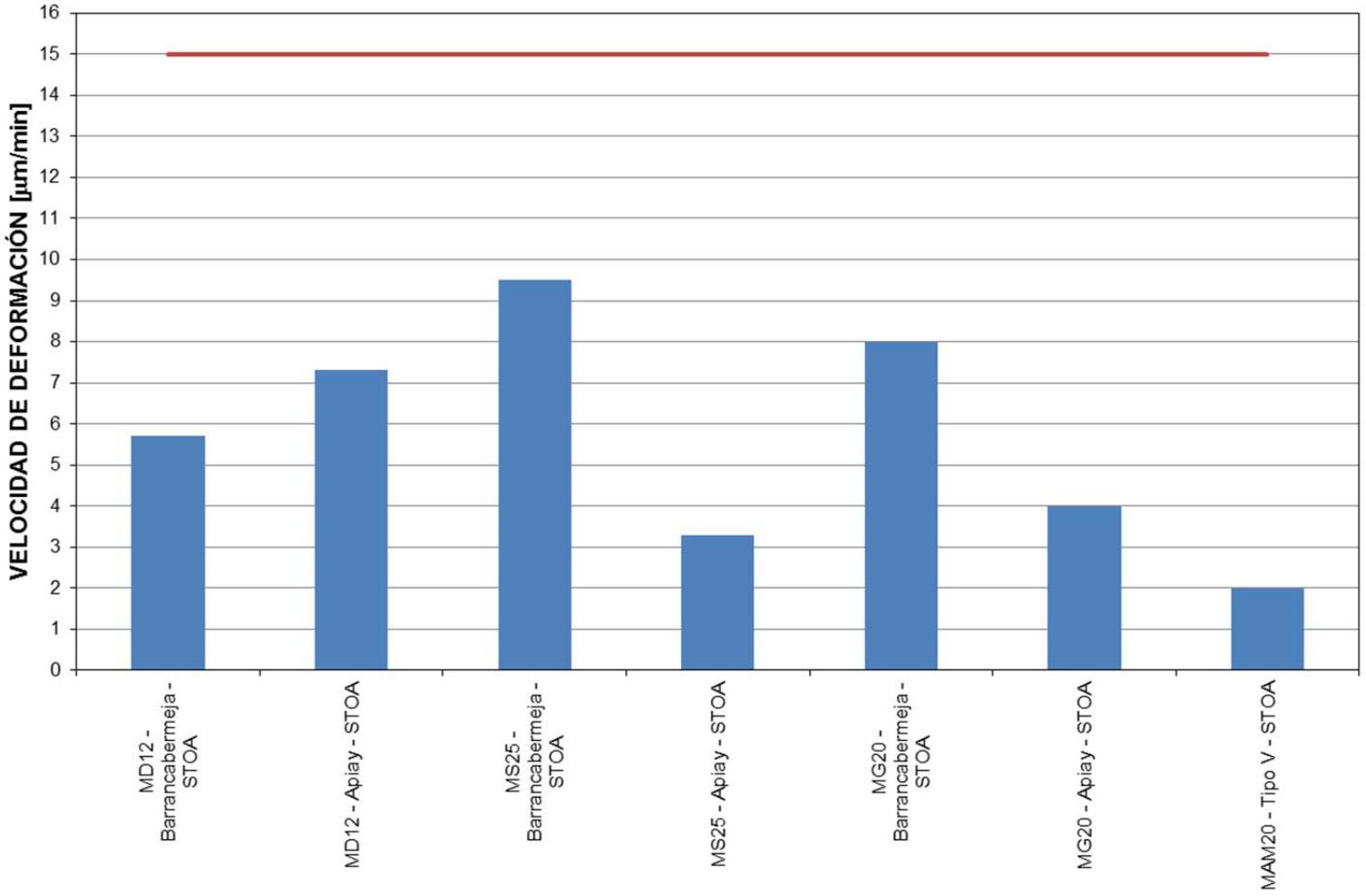


Figura 84. Velocidad de deformación de las mezclas asfálticas

Con base en los resultados mostrados en la Tabla 32 y Tabla 33 se puede concluir que, tanto los resultados de resistencia al daño causado por humedad como los de resistencia a la deformación plástica, cumplen con los valores que actualmente están estandarizados por la especificación IDU (Instituto de Desarrollo Urbano IDU, 2011a) por lo que se puede sugerir estos valores como los límites recomendados.

5.4 Análisis de resultados y recomendaciones de la caracterización dinámica de mezclas asfálticas en caliente

5.4.1 Módulo resiliente

En la Tabla 34 y la Figura 85 a la Figura 87 presenta la evolución del módulo resiliente con la temperatura y la frecuencia de carga para la mezcla de concreto asfáltico tipo MD12 fabricadas con CA 60-70 proveniente de Apiay y Barrancabermeja (denominados CAA y CAB, respectivamente), y sometida a envejecimiento a corto plazo STOA. La rigidez de la mezcla MD12 fabricada con CAA es ligeramente superior a la fabricada con CAB (entre 4% y 15%, 12% y 21% y 17% y 26% para temperaturas de 10° C, 20° C y 30° C respectivamente), debido principalmente a la mayor rigidez del asfalto CAA. Contrario a lo anterior, las mezclas MG20 y MS25 experimentan ligeramente mayor rigidez a temperaturas de 10° C y 20° C (entre 6% y 20% y 1% y 9% respectivamente), cuando se emplea para su fabricación CAB (ver Tabla 35 y Figura 88 a Figura 93). Lo anterior debido principalmente a que a pesar que el asfalto CAA es más rígido que el CAB, las mezclas MG20 y MS25 fabricadas con CAA desarrollaron mayor contenido de vacíos con aire que aquellas fabricadas con CAB. En la Tabla 36 y Figura 94 se presentan los resultados de los ensayos de módulo resiliente para la mezcla de alto módulo MAM20. Se observa en la Figura 85 a la Figura 94 un incremento típico del módulo cuando se aumenta la frecuencia de carga y disminuye la temperatura del ensayo.

Tabla 34. Resumen de ensayos de módulo resiliente de la mezcla MD12 fabricada con CA 60-70 proveniente de Apiay y Barrancabermeja

MD12 fabricada con CA 60-70 de Apiay - STOA								
F [Hz]	T [°C]	E [MPa]	F [Hz]	T [°C]	E [MPa]	F [Hz]	T [°C]	E [MPa]
2,5	10	8469	2,5	20	4621	2,5	30	1963
5		10678	5		5283	5		2276
10		11261	10		6264	10		2851
MD12 fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja - STOA								
F [Hz]	**T [°C]**	**E [MPa]**	**F [Hz]**	**T [°C]**	**E [MPa]**	**F [Hz]**	**T [°C]**	**E [MPa]**
2,5	10	7786	2,5	20	3826	2,5	30	1558

5		9286	5		4508	5		1879
10		10863	10		5589	10		2426

Tabla 35. Resumen de ensayos de módulo resiliente de las mezclas MG20 y MS25 fabricadas con CA 60-70 proveniente de Apiay y Barrancabermeja

MG20 fabricada con CA 60-70 de Apiay - STOA								
F [Hz]	**T [°C]**	**E [MPa]**	**F [Hz]**	**T [°C]**	**E [MPa]**	**F [Hz]**	**T [°C]**	**E [MPa]**
2,5		10677	2,5		5385	2,5		2311
5	10	12071	5	20	6318	5	30	2877
10		13807	10		7391	10		3665
MG20 fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja - STOA								
2,5		12768	2,5		5631	2,5		1812
5	10	13673	5	20	6377	5	30	2186
10		14663	10		7565	10		3068
MS25 fabricada con CA 60-70 de Apiay - STOA								
2,5		10111	2,5		4497	2,5		1822
5	10	11259	5	20	5320	5	30	2362
10		12210	10		6799	10		2972
MS25 fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja - STOA								
2,5		11397	2,5		4501	2,5		1316
5	10	13282	5	20	5821	5	30	1750
10		14532	10		7289	10		2473

Tabla 36. Resumen de ensayos de módulo resiliente de la mezcla MAM20 fabricada con asfalto modificado tipo V - STOA

F [Hz]	**T [°C]**	**E [MPa]**	**F [Hz]**	**T [°C]**	**E [MPa]**	**F [Hz]**	**T [°C]**	**E [MPa]**
2,5		7256	2,5		5412	2,5		3707
5	20	8154	5	25	6113	5	30	4123
10		9976	10		6596	10		4897

Las mezclas convencionales fabricadas con asfalto CAA y CAB, que experimentaron por lo general la mayor y menor rigidez para cualquier temperatura y frecuencia de carga en los ensayos, fueron la MG20 y la MD12, respectivamente (ver Figura 95 a la Figura 97). Lo anterior es debido principalmente a la presencia de agregados pétreos más gruesos en la mezcla MG20 en comparación con aquellos que se utilizan para la fabricación de mezclas MD12. Se observa en la Figura 96 y Figura 97 que la mezcla con la mayor rigidez bajo carga dinámica del tipo resiliente fue la MAM20. Lo anterior es debido principalmente a que la mezcla MAM20 emplea un ligante asfáltico modificado más viscoso y rígido (cemento asfáltico modificado tipo V) en comparación con los empleados para la

fabricación de las mezclas MG20, MS25 y MD12 (CAA y CAB). En comparación con la mezcla MG20 más rígida, la mezcla MAM20 experimentó un incremento promedio en su rigidez de 28% y 60% cuando la temperatura de ensayo fue de 20°C y 30°C respectivamente. Este incremento promedio fue de 81% y 138% para temperaturas de ensayo de 20°C y 30°C respectivamente cuando se comparó con la mezcla MD12 menos rígida. Lo anterior hace prever la utilización de mezclas tipo MAM20 en vías donde se requiera alta resistencia a las deformaciones permanentes (ahuellamiento), que soporten tráfico pesado combinado con alto número de circulación de dicho tráfico, y en la conformación de capas asfálticas gruesas (superiores a 12 cm) donde el modo de carga por fatiga que experimente dicha capa sea el de esfuerzo controlado.

En la Tabla 510.5 de la especificación IDU 510-11 (2011c) se reporta que, las mezclas tipo MD12 son utilizadas principalmente para la conformación de capas de rodadura, y las MG20 y MS25 para bases asfálticas. Con base en los resultados reportados en la Figura 95 a la Figura 97 se puede sugerir como valores recomendados de módulo resiliente (M_r) para capas de rodadura y base asfáltica los enunciados en la Tabla 37.

Los asfaltos base utilizados para modificar con polímeros, y a ser empleados en la elaboración de mezclas de alto módulo, en general, deben ser bitúmenes puros de clase 35-50. En Colombia sólo se producen los grados 60-70 y 85-100; razón por la cual es muy difícil obtener módulos en la mezcla asfáltica superiores a 10.000 MPa (tal como lo especifica el IDU y el INVÏAS), a pesar de que los agregados sean de óptima calidad. Lo anterior excluye a los ligantes colombianos de las características recomendadas para obtener ligantes modificados con penetraciones entre 15 y 40 décimas de milímetro (ver resultados en la Tabla 28), teniéndose recomendaciones para que se produzca asfalto 40-50, tal como lo está previendo Ecopetrol.

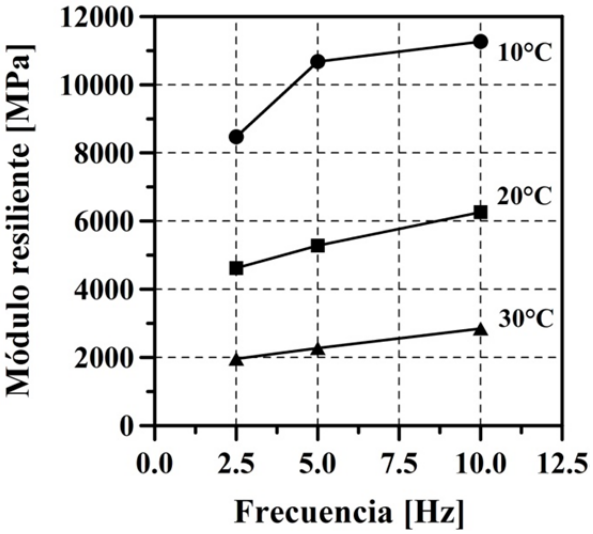


Figura 85. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MD12 fabricada con CA 60-70 de Apiay - STOA.

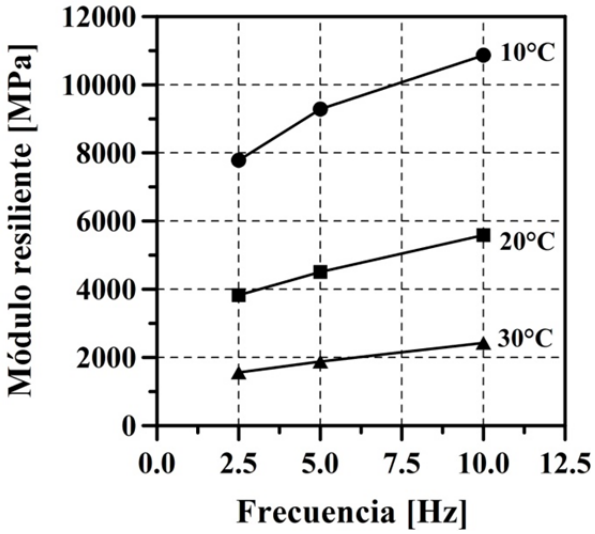


Figura 86. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MD12 fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja - STOA.

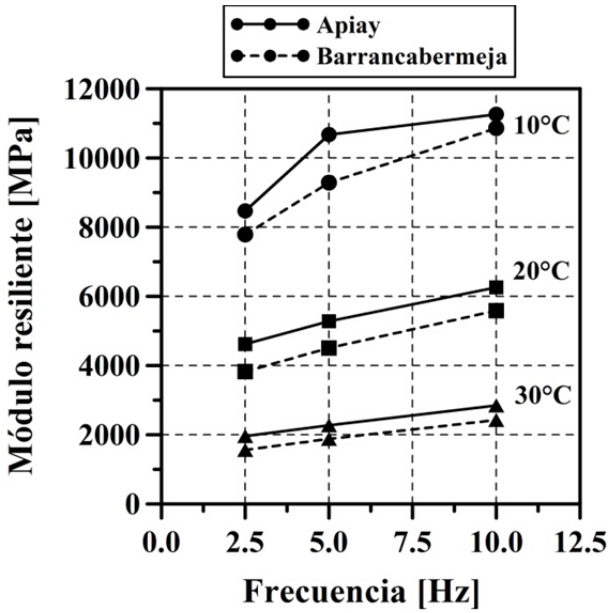


Figura 87. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para las mezclas MD12 - STOA.

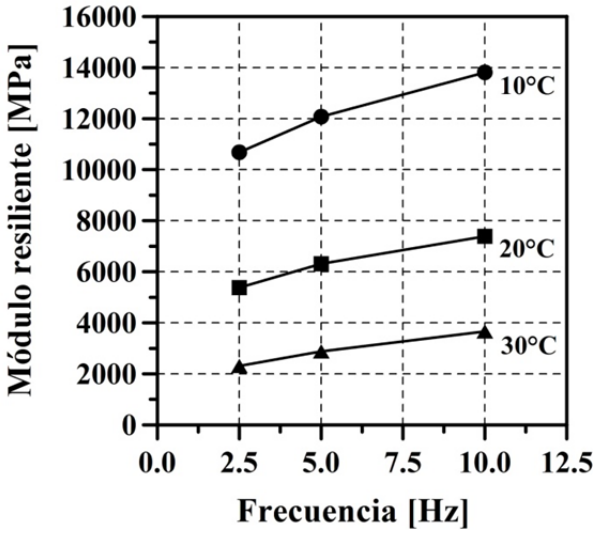


Figura 88. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MG20 fabricada con CA 60-70 de Apiay.

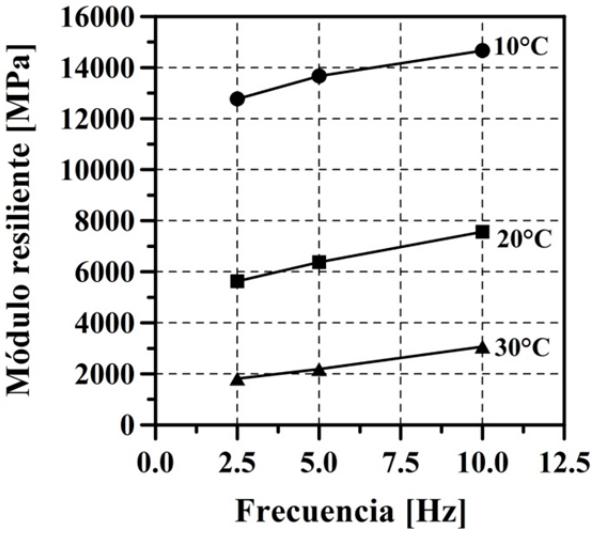


Figura 89. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MG20 fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja.

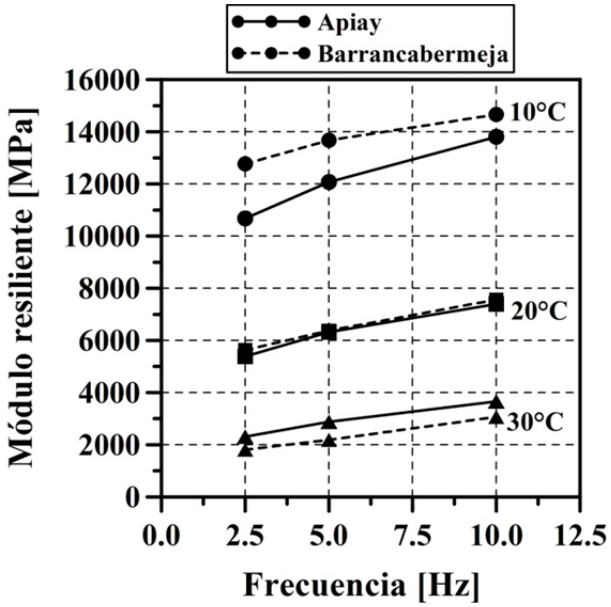


Figura 90. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para las mezclas MG20 - STOA

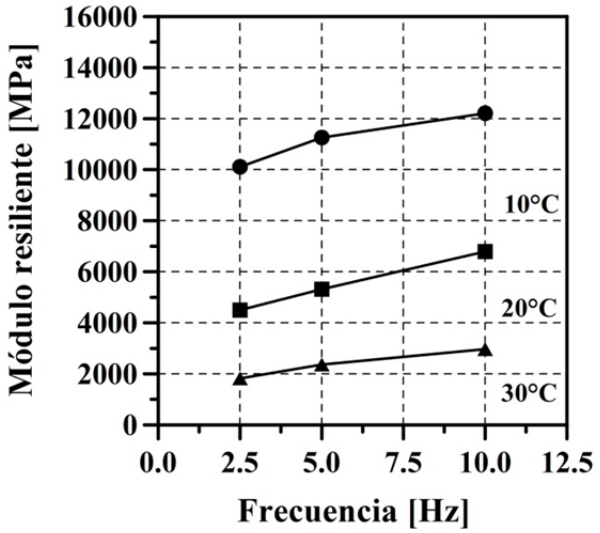


Figura 91. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MS25 fabricada con CA 60-70 de Apiay.

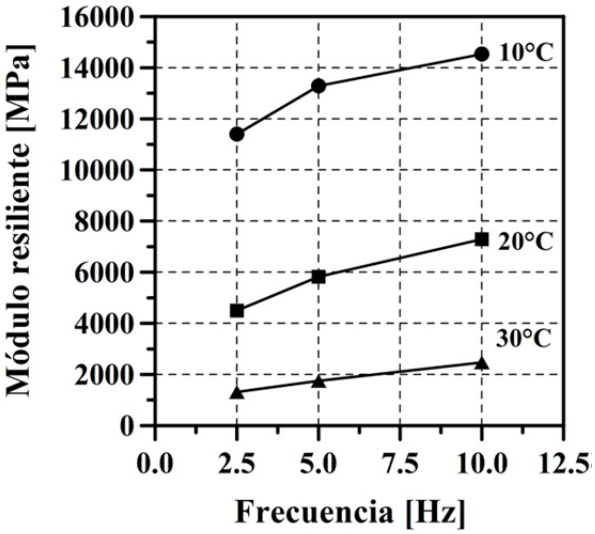


Figura 92. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MS25 fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja.

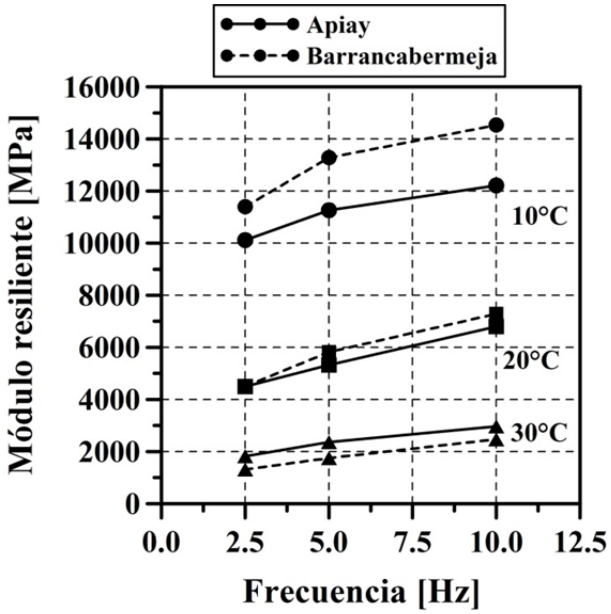


Figura 93. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para las mezclas MS25 - STOA

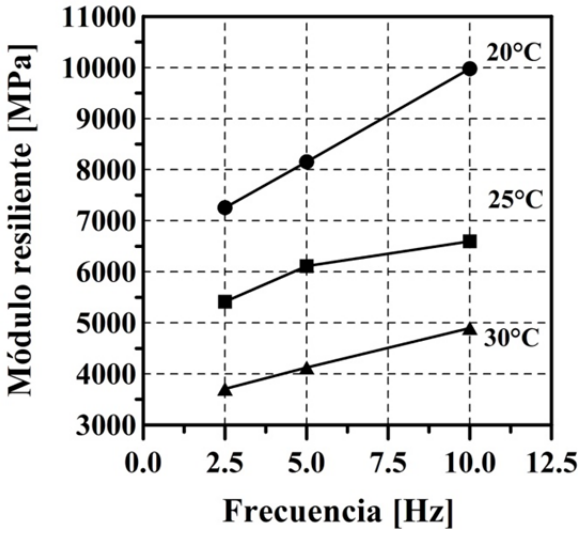


Figura 94. Evolución de E con la frecuencia (F) y la temperatura (T) para mezcla MAM20 - STOA

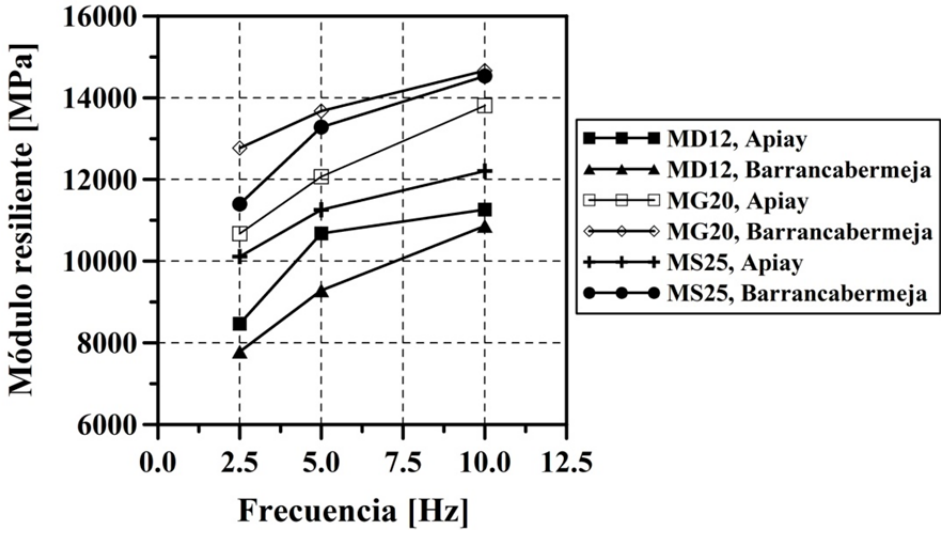


Figura 95. Evolución de E con la frecuencia (F) para mezcla asfálticas, T=10° C

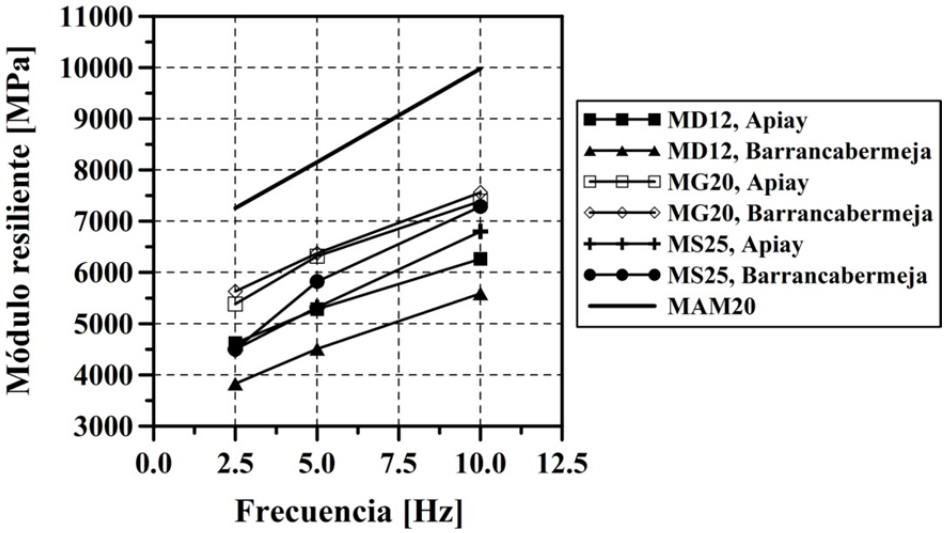


Figura 96. Evolución de E con la frecuencia (F) para mezcla asfálticas, T=20° C

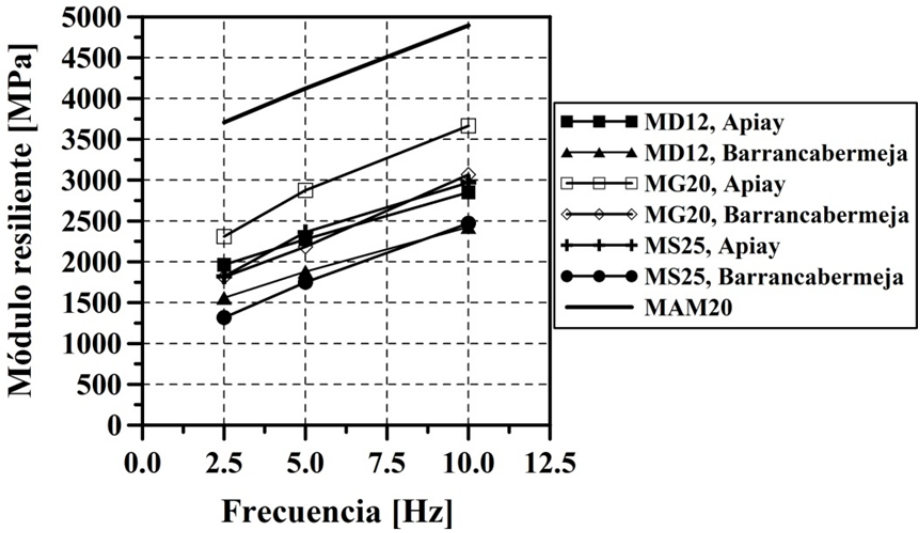


Figura 97. Evolución de E con la frecuencia (F) para mezcla asfálticas, T=30° C

Tabla 37. Valores recomendados de módulo resiliente (M_r) para capas de rodadura, base asfáltica y mezclas de alto módulo fabricadas con CA 60-70

Capa	T [° C]	f [Hz]	v [km/h]	M_r [MPa]
Rodadura	10	2,5	15-25	7500
		5,0	35-45	9000
		10,0	70-80	10500
	15	2,5	15-25	5500
		5,0	35-45	6600
		10,0	70-80	7900
	20	2,5	15-25	3700
		5,0	35-45	4500
		10,0	70-80	5500
	25	2,5	15-25	2500
		5,0	35-45	3100
		10,0	70-80	3900
	30	2,5	15-25	1500
		5,0	35-45	1800
		10,0	70-80	2400
Base	10	2,5	15-25	10000
		5,0	35-45	11000
		10,0	70-80	12000
	15	2,5	15-25	7000
		5,0	35-45	8000
		10,0	70-80	9200
	20	2,5	15-25	4400
		5,0	35-45	5300
		10,0	70-80	6700
	25	2,5	15-25	3000
		5,0	35-45	3700
		10,0	70-80	4800
	30	2,5	15-25	1800
		5,0	35-45	2300
		10,0	70-80	3000

Capa	T [° C]	f [Hz]	v [km/h]	M_r [MPa]
MAM20	15	2,5	15-25	8800
		5,0	35-45	10000
		10,0	70-80	12700
	20	2,5	15-25	7000
		5,0	35-45	8000
		10,0	70-80	10000
	25	2,5	15-25	5000
		5,0	35-45	6000
		10,0	70-80	6500
	30	2,5	15-25	3500
		5,0	35-45	4000
		10,0	70-80	4700

En la Tabla 37, T, f y v son la temperatura, la frecuencia de carga y el rango de velocidad aproximado de circulación del vehículo por la vía, respectivamente.

5.4.2 Resistencia a la fatiga

En la Figura 98 a la Figura 100 presenta la evolución de la vida a fatiga (número de ciclos de falla) cuando se ejecutan ensayos de resistencia a fatiga bajo el modo de carga a esfuerzo controlado sobre una mezcla MD12 sometida a envejecimiento a corto plazo STOA, y fabricada con CA 60-70 de Apiay y Barrancabermeja (denominados CAA y CAB, respectivamente). Se observa que, bajo el modo de carga de esfuerzo controlado, la mezcla MD12 fabricada con CAA experimenta mayor resistencia a fatiga en comparación con aquella fabricada con CAB, y ésta mayor resistencia incrementa a medida que la carga aplicada es más pequeña. Así, por ejemplo, para una magnitud de esfuerzo aplicado de 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa, 300 kPa, 400 kPa, 500 kPa y 600 kPa, la vida a fatiga (entendida como el número de ciclos de carga que es capaz de resistir bajo una determinada carga) es de 10,4, 6,4, 3,9, 2,9, 2,3, 2,0 y 1,8 veces superior cuando la mezcla MD12 se fabrica con CAA en comparación con aquella fabricada con CAB. Adicionalmente se observa que la mezcla MD12 fabricada con ambos tipos de asfalto experimentó similar deformación a tensión en el estado de falla ($\varepsilon_{x,max}$) durante el ensayo de fatiga. Esta deformación fue calculada con base en la Ecuación 17.

$$\varepsilon_{x,max} = \frac{\sigma_{x,max} \cdot (1 + 3 \cdot \nu)}{S_{me}}$$ **Ecuación 17**

Dónde $\sigma_{x,max}$ es el esfuerzo máximo en tensión en kPa aplicado en el centro de la muestra, S_{me} es el módulo dinámico elástico en MPa bajo un determinado esfuerzo aplicado, y ν es la relación de Poisson asumida como 0,35.

Para el caso de la mezcla MS25 (Ver Figura 101 a Figura 103), se observa que la resistencia a la fatiga es similar cuando se fabrican con ambos tipos de asfaltos (CAA y CAB). De la misma forma, la mezcla MG20 experimenta una vida a fatiga similar para ambos tipos de asfalto cuando el modo de carga del ensayo es el de esfuerzo controlado. Sin embargo, las deformaciones a tensión en el estado de falla de esta última mezcla son entre 1,23 y 1,47 veces mayores cuando la mezcla se fabrica con CAB en comparación con aquella fabricada con CAA (Ver Figura 104 a Figura 106).

Por lo general, las mezclas más rígidas experimentaron mayor vida a fatiga bajo el modo de carga a esfuerzo controlado. En este punto es importante resaltar que, bajo el modo de carga de esfuerzo controlado, la mezcla más resistente al fenómeno de fatiga fue la MAM20, y contrario a lo anterior, ésta mezcla resistió menores deformaciones en el estado de falla (comportamiento frágil) en comparación con las MD12, MG20 y MS25 (Ver Figura 107 a Figura 109). Estos resultados son coherentes con lo reportado ampliamente en la literatura de referencia, donde se reporta que la tendencia general bajo el modo de carga a esfuerzo controlado es que, mayor será la vida y resistencia al fenómeno de fatiga por carga entre mayor sea la rigidez de la mezcla. Caso contrario sucede cuando el modo de carga es a deformación controlada, en donde las mezclas asfálticas experimentan su mayor vida a fatiga, generalmente cuando su rigidez es menor (Epps y Monismith, 1972; Baburamani, 1999; Di Benedetto *et al*., 2004; Di Benedetto y De la Roche, 2005). Así mismo se reporta que, entre mayor sea el tamaño de partículas las mezclas tienden a disminuir su resistencia a fatiga bajo este modo de carga, ya que un mayor tamaño del agregado pétreo favorece el desarrollo de un esqueleto granular con menor contacto entre partículas y menor contenido de asfalto, generando disminución en la vida a fatiga (p. ej., mezcla MS25). Para resistir 10^5, 10^6 y 10^7 ciclos de carga, la mezcla MAM20 tuvo que ser sometida a esfuerzos cíclicos aproximados de 288 kPa, 212 kPa y 156,6 kPa, respectivamente, mientras que la mezcla MS25 a 147 kPa, 87 kPa y 52 kPa.

La Tabla 38 muestra, de manera resumida, los valores de σ_6 (esfuerzo para que el material falle a $1x10^6$ ciclos de carga bajo esfuerzo controlado), ε_6 (deformación para que el material falle a $1x10^6$ ciclos de carga bajo esfuerzo controlado) y b (pendiente de la ley de fatiga), de los ensayos de laboratorio ejecutados a una temperatura de 20° C.

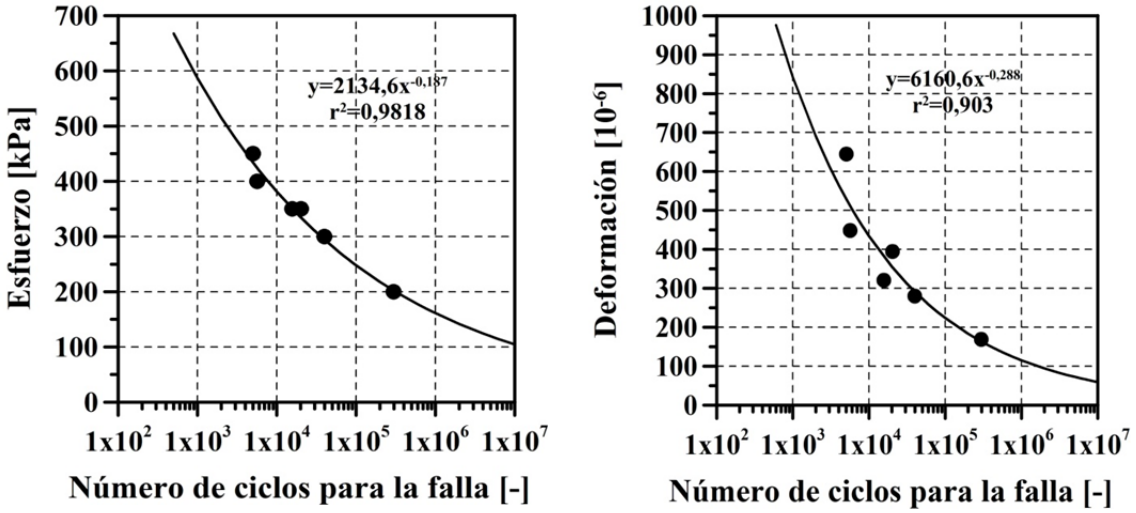


Figura 98. Fatiga MD12 con CA 60-70 de Apiay – STOA

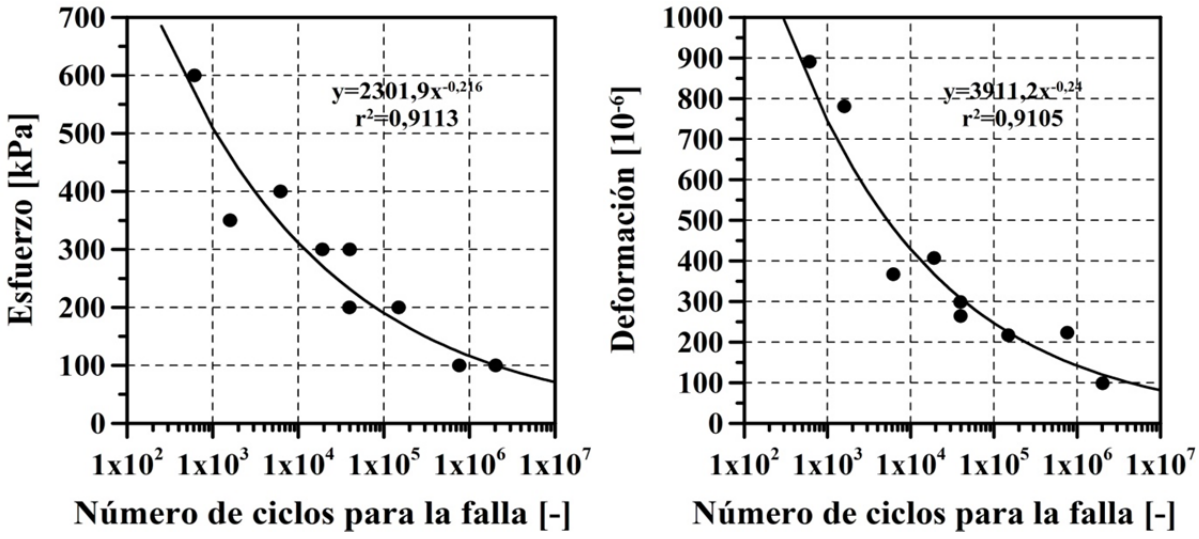


Figura 99. Fatiga MD12 con CA 60-70 de Barrancabermeja – STOA

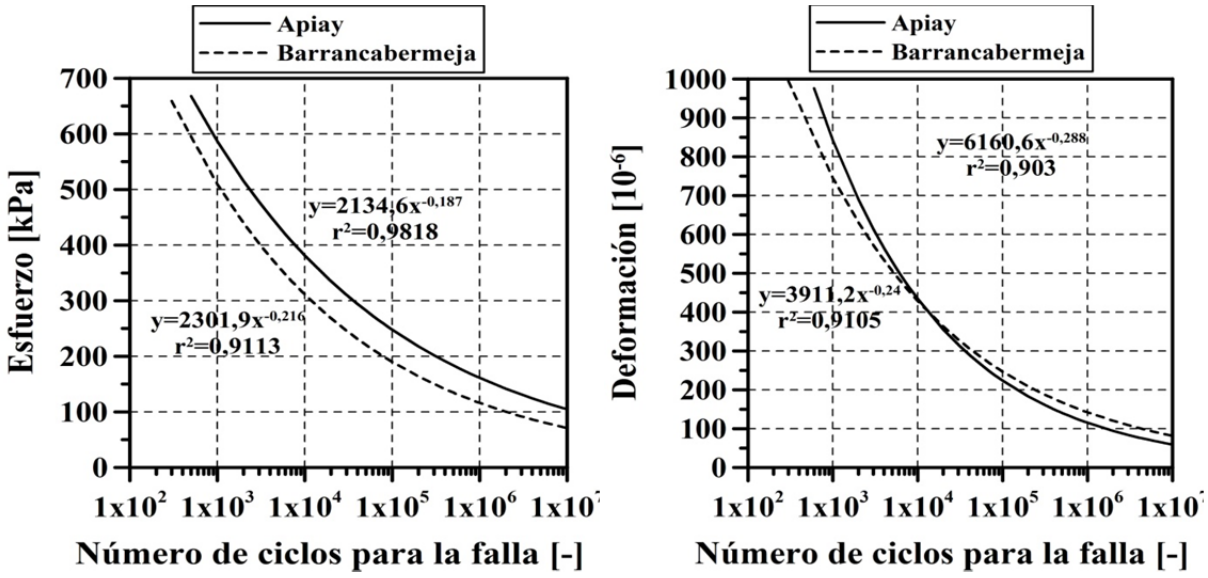


Figura 100. Fatiga MD12 con CA 60-70 – STOA

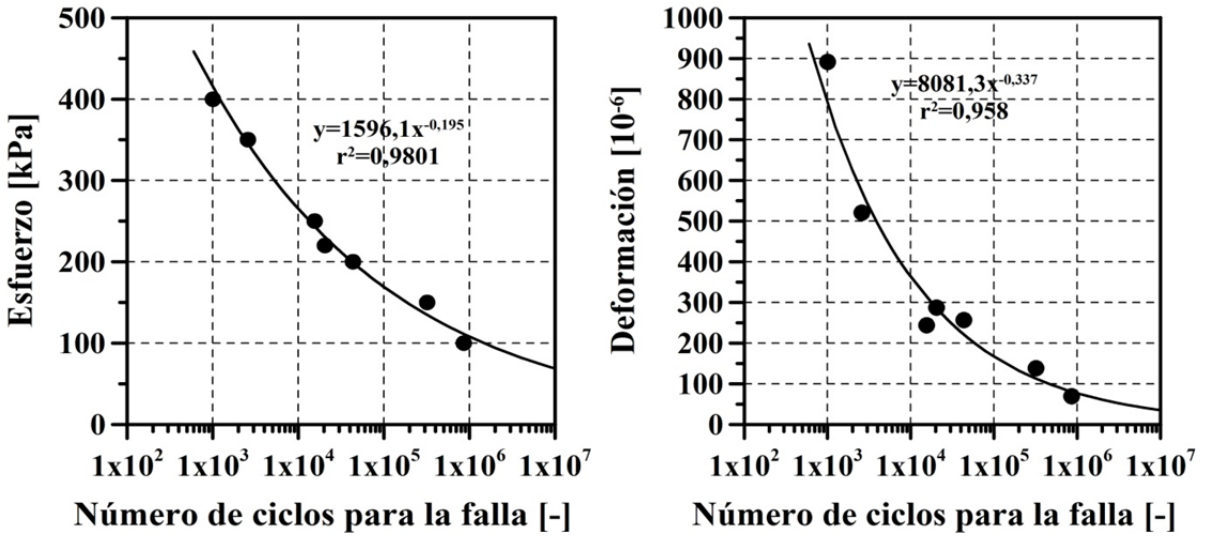


Figura 101. Fatiga MS25 con CA 60-70 de Apiay – STOA

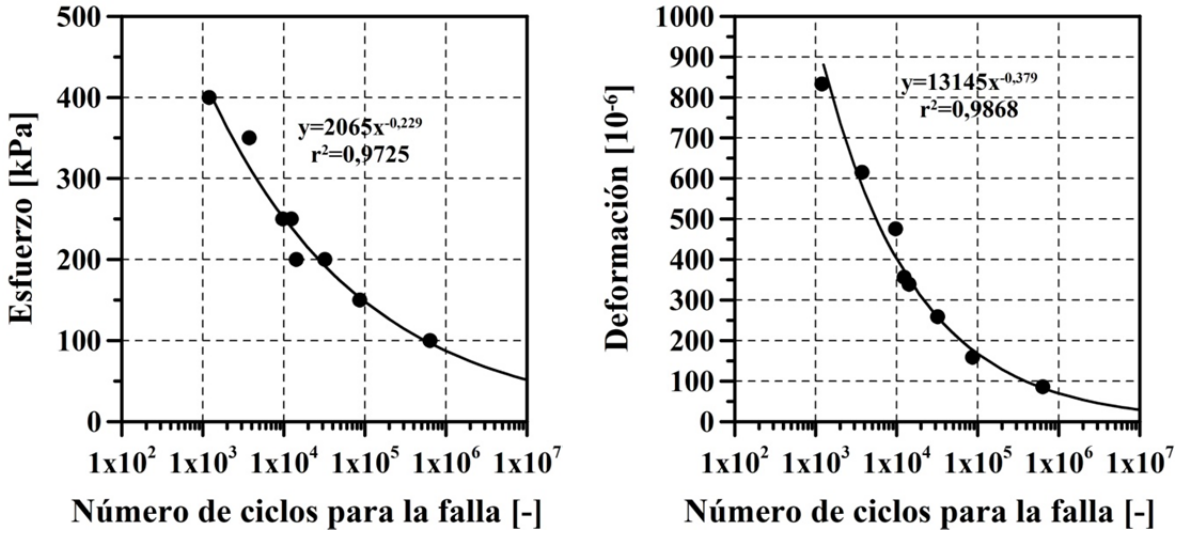


Figura 102. Fatiga MS25 con CA 60-70 de Barrancabermeja – STOA

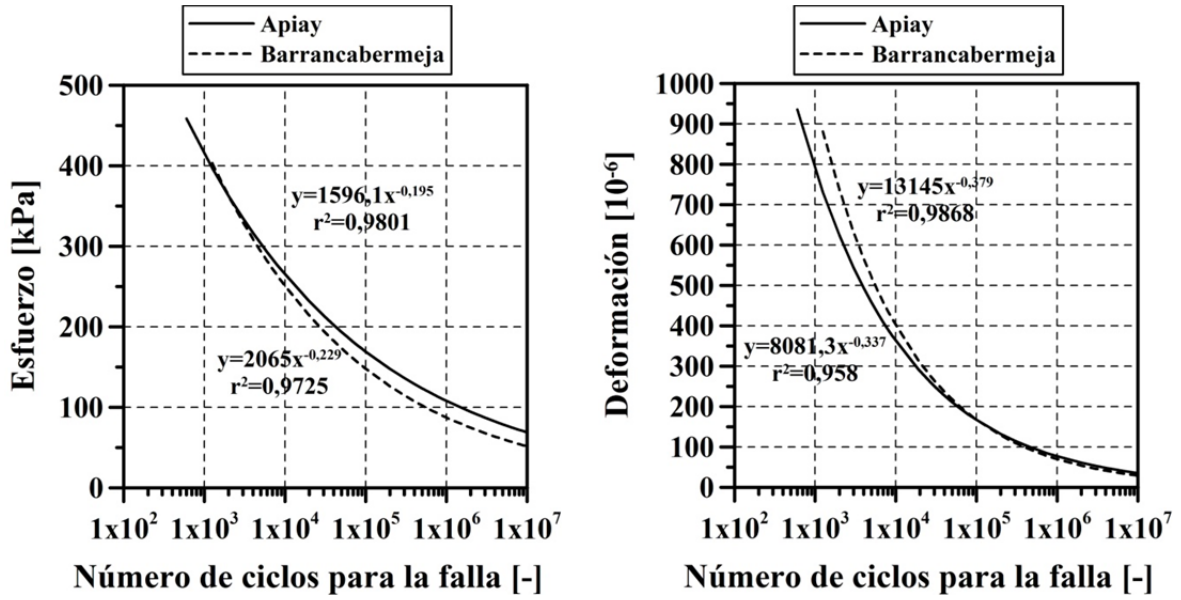


Figura 103. Fatiga MS25 con CA 60-70 – STOA

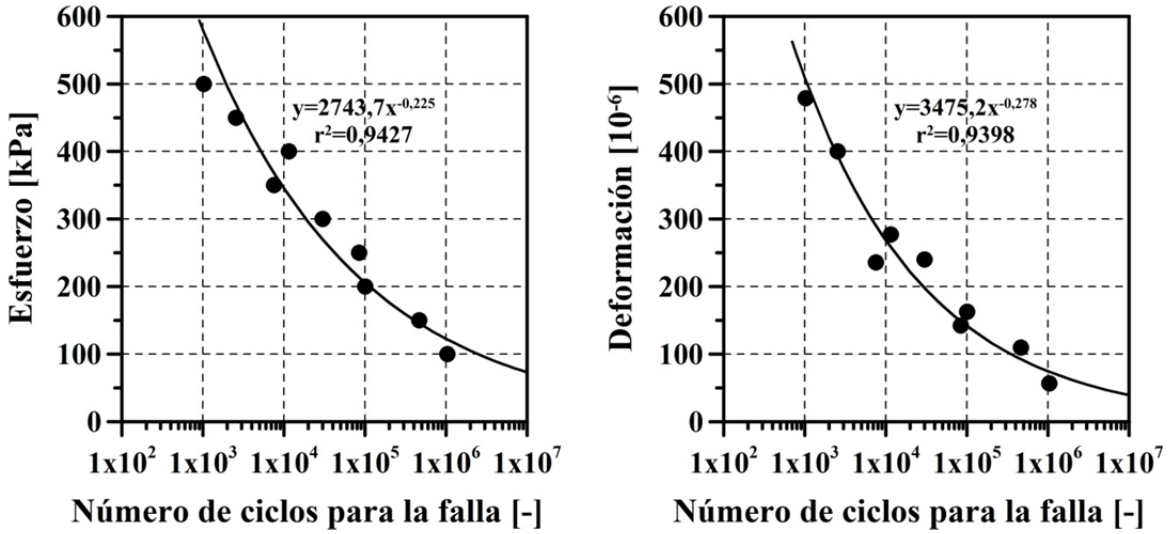


Figura 104. Fatiga MG20 con CA 60-70 de Apiay – STOA

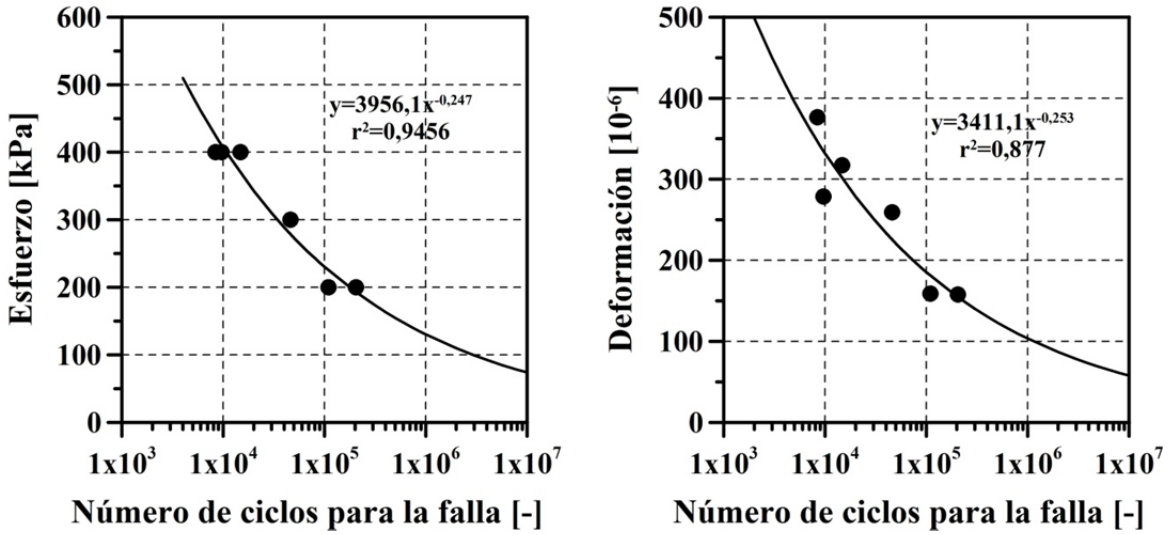


Figura 105. Fatiga MG20 con CA 60-70 de Barrancabermeja – STOA

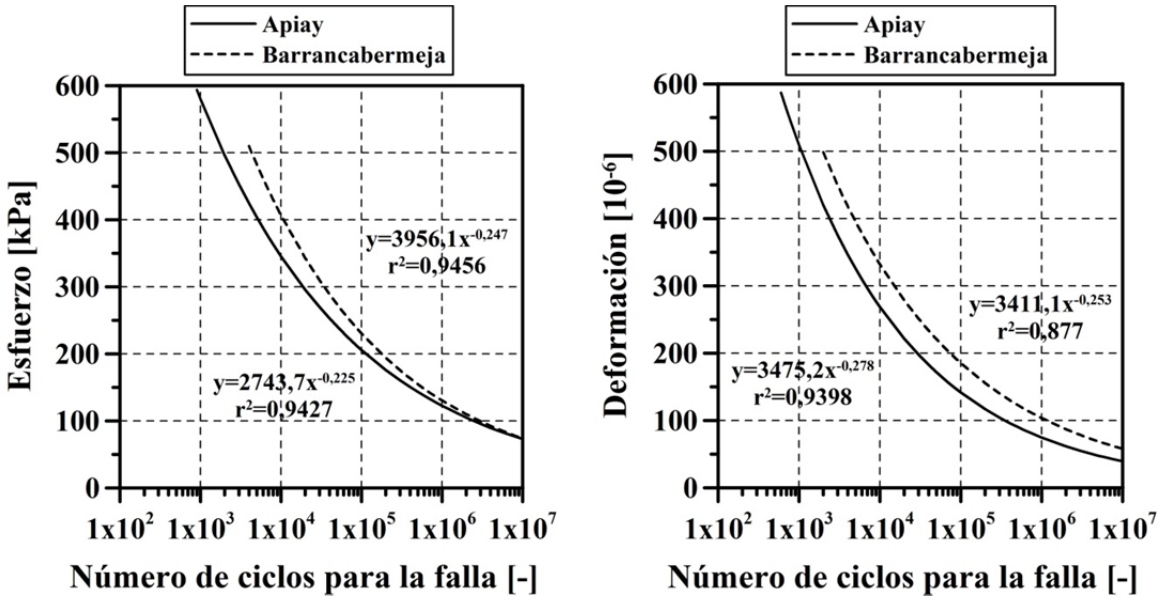


Figura 106. Fatiga MG20 con CA 60-70 – STOA

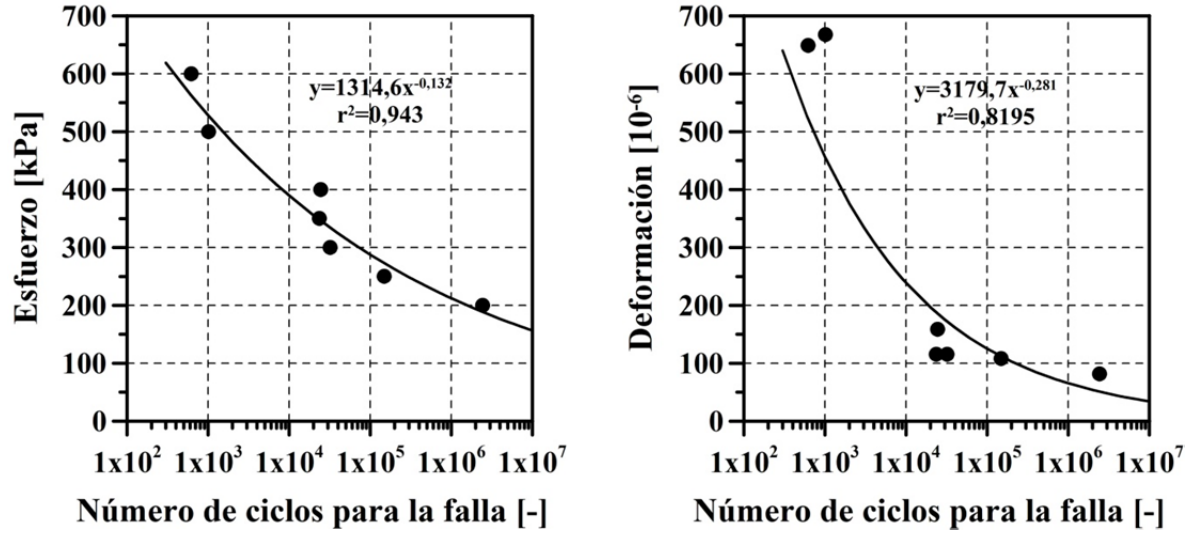


Figura 107. Fatiga MAM20 con CA tipo V – STOA

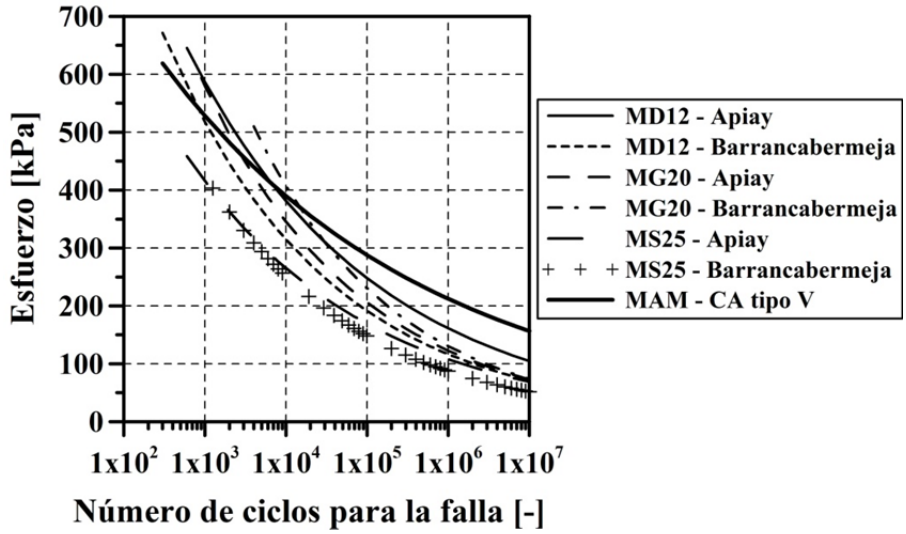


Figura 108. Fatiga de todas las mezclas sometidas en STOA bajo el modo de carga de esfuerzo controlado

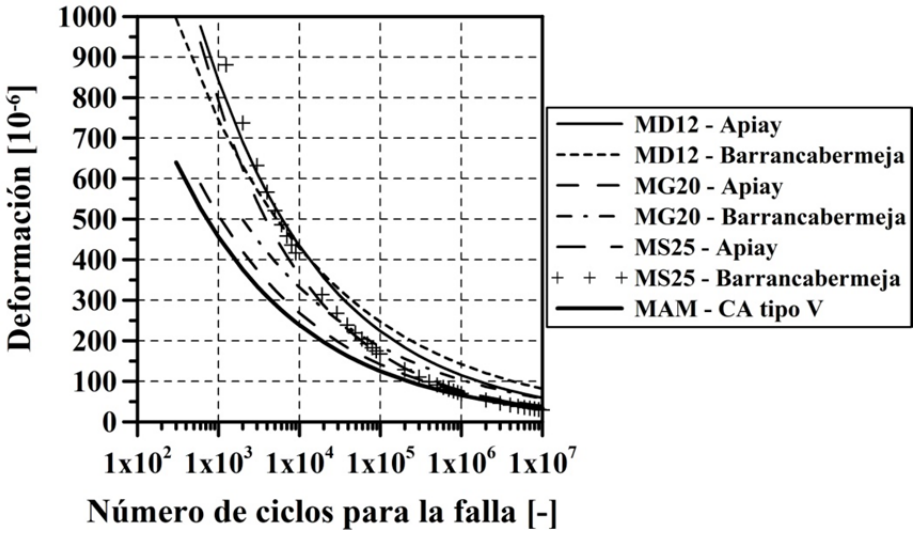


Figura 109. Deformación de todas las mezclas sometidas en STOA bajo el modo de carga de esfuerzo controlado

Tabla 38. Valores de σ6, ε6 y b para las mezclas analizadas.

Tipo de mezcla	Norma de ensayo	Ensayo a Esfuerzo Controlado			Cálculo de la deformación		
		σ_6	b	r^2	ε_6	b	r^2
		[kPa]	[-]	[-]	[10^{-6} m/m]	[-]	[-]
Mezcla MD12 - Asfalto Barrancabermeja 60-70 Envejecida en STOA	EN 12697-24	116,16	-0,216	0,911	133,94	-0,240	0,911
Mezcla MD12 - Asfalto Apiay 60-70 Envejecida en STOA	EN 12697-24	161,18	-0,187	0,982	115,25	-0,288	0,903
Mezcla MS25 - Asfalto Barrancabermeja 60-70 Envejecida en STOA	EN 12697-24	87,28	-0,229	0,973	69,95	-0,379	0,987
Mezcla MS25 - Asfalto Apiay 60-70 Envejecida en STOA	EN 12697-24	107,92	-0,195	0,980	76,82	-0,337	0,958
Mezcla MG20 - Asfalto Barrancabermeja 60-70 Envejecida en STOA	EN 12697-24	130,40	-0,247	0,946	103,49	-0,253	0,877
Mezcla MG20 - Asfalto Apiay 60-70 Envejecida en STOA	EN 12697-24	122,60	-0,225	0,943	74,64	-0,278	0,940
Mezcla MAM20 - Asfalto modificado tipo V Envejecida en STOA	EN 12697-24	212,20	-0,132	0,943	65,52	-0,281	0,820

Con base en los resultados reportados de fatiga bajo esfuerzo controlado en la Figura 98 a la Figura 109, y en la Tabla 38, se puede sugerir como valores recomendados de σ_6, ε_6 y b para capas de rodadura y base asfáltica los enunciados en la Tabla 39. Los valores reportados en la Tabla 39 para capa de rodadura fueron propuestos realizando una regresión matemática de los resultados de fatiga obtenidos de las mezclas tipo MD12 (Ver Figura 110). Así mismo, los resultados reportados para base asfáltica obedecen a una regresión ejecutada sobre los resultados de fatiga obtenidos sobre las mezclas MG20 y MS25 (Ver Figura 111).

Tabla 39. Valores recomendados de σ6, ε6 y b para capas de rodadura, bases asfálticas y mezclas de alto módulo.

CAPA	Ensayo a Esfuerzo controlado			Cálculo de la deformación		
	σ_6	b	r^2	ε_6	b	r^2
	[kPa]	[-]	[-]	[10^{-6} m/m]	[-]	[-]
Rodadura	140	-0,2	0,984	135	-0,26	0,989
Base asfáltica	115	-0,22	0,958	80	-0,31	0,966
MAM20	210	-0,13	0,943	65	-0,28	0,82

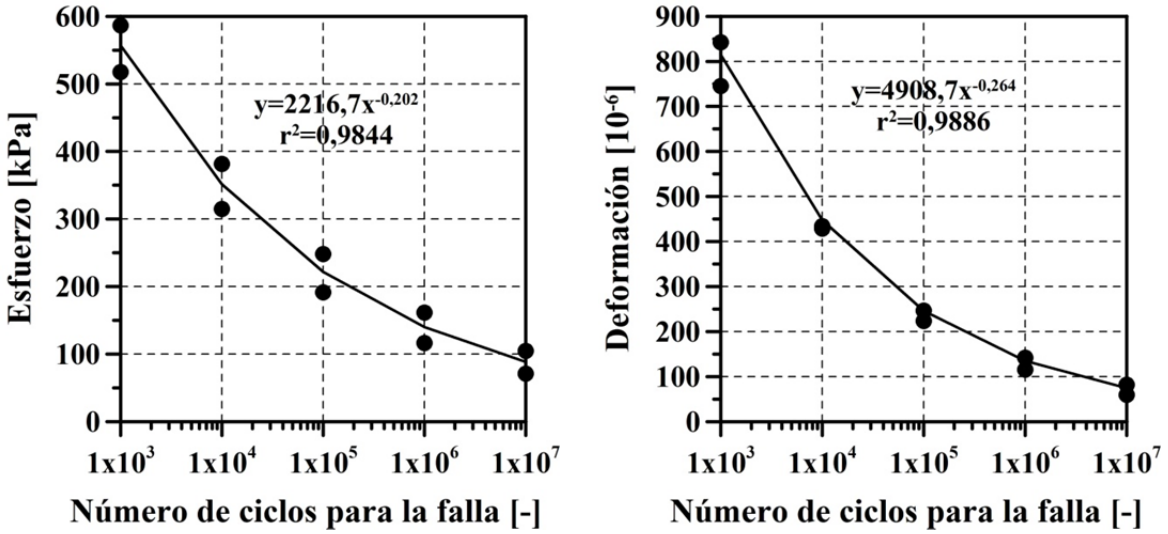


Figura 110. Simulación de mezclas para capa de rodadura sometidas en STOA.

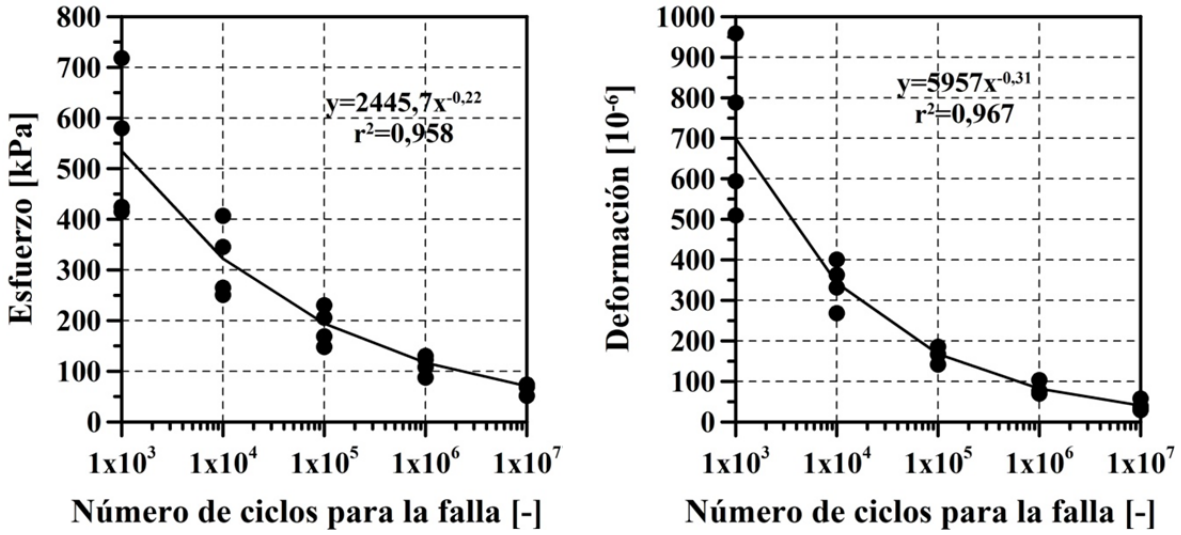


Figura 111. Simulación de mezclas para capa de base asfáltica sometidas en STOA.

6 SIMULACIONES COMPUTACIONALES

En esta sección se reportan los resultados de las simulaciones computacionales realizadas con el fin de evaluar cómo influye la variabilidad de los parámetros mecánicos y dinámicos obtenidos de los ensayos de laboratorio ejecutados sobre mezclas MD12, MG20 y MS25, en el dimensionamiento y la capacidad estructural de pavimentos flexibles. Para tal fin, simulaciones de diseño de pavimentos y cálculos computacionales de estados de deformación en la capa asfáltica y la subrasante de estructuras viales de tipo flexible fueron ejecutados.

Empleando el método de diseño de la AASHTO (1993), se ejecutaron simulaciones de dimensionamiento de estructuras de pavimento flexible, variando las propiedades mecánicas bajo carga dinámica propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008), el Instituto de Desarrollo Urbano IDU (2001) y los resultados obtenidos del proyecto Contrato IDU-038-2012 “Caracterización Dinámica de Mezclas Asfálticas” desarrollado por el Instituto de Desarrollo Urbano IDU (2014). En este método de diseño, los espesores de cada una de las capas (h_i, en pulgadas) que componen la estructura del pavimento flexible se determinaron a través de la Ecuación 18 a la Ecuación 20. El subíndice $i = 1$ corresponde a la capa de concreto asfáltico, $i = 2$ a la capa granular no tratada de base, y el subíndice $i = 3$ a la capa granular no tratada de sub-base.

$$h_1 = \frac{SN_1}{a_1} \qquad \textbf{Ecuación 18}$$

$$h_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_1 \times m_2} \qquad \textbf{Ecuación 19}$$

$$h_3 = \frac{SN_3 - SN_2^*}{a_3 \times m_3} \qquad \textbf{Ecuación 20}$$

Los SN_i son números estructurales de capa y se determinan a través de la Ecuación 21. Los factores a_i y $m_i$se describen más adelante.

$$log(W_{18}) = Z_r \times S_o + 9{,}36 \times log(SN_i + 1) - 0{,}20 + \left[\frac{log\left(\frac{\Delta PSI}{4{,}2 - 1{,}5}\right)}{0{,}40 + \frac{1094}{(SN_i + 1)^{5{,}19}}}\right] + 2{,}32 \times log(M_r) - 8{,}07 \qquad \textbf{Ecuación 21}$$

Por otro lado, cuando se dimensionan estructuras de pavimentos flexibles por métodos mecanicistas, los dos principales parámetros que se determinan empleando simulación computacional son la acumulación de las deformaciones a tracción en la fibra inferior de la capa asfáltica ε_t (para controlar agrietamientos por fatiga por carga) y la deformación vertical que experimenta la subrasante ε_z (para controlar el fenómeno de acumulación de las deformaciones permanentes o ahuellamiento). En el presente documento técnico se ejecutaron simulaciones computacionales para determinar ambos parámetros, variando en dichas simulaciones las propiedades mecánicas bajo carga dinámica propuestas en los resultados obtenidos en este proyecto (Contrato IDU-038-2012 "Caracterización Dinámica de Mezclas Asfálticas"). Las variables ε_t y ε_z fueron estimadas empleando el programa analítico DEPAV (programa académico de versión libre y gratuita). Este programa calcula esfuerzos y deformaciones en cada una de las capas del pavimento a partir de la introducción al mismo de la carga, la presión en el área de contacto, y el área de contacto, las propiedades mecánicas de los materiales, y el espesor de cada capa. El comportamiento de los materiales se supone elástico-lineal empleando un sistema multicapa; por lo tanto, los parámetros de entrada son el módulo resiliente y la relación de Poisson. La ecuación constitutiva elástica-lineal se adopta debido a que es la utilizada en el mundo para el diseño de pavimentos, ya que ha demostrado ser confiable a la hora de predecir estados de esfuerzo-deformación en estas estructuras viales; adicionalmente ésta se utiliza debido a la simplicidad para la determinación de sus parámetros mecánicos, y a que en un pavimento las capas que lo conforman están sometidas a niveles de carga pequeños en comparación con su resistencia (Rondón y Reyes, 2011; Rondón *et al*., 2013). En las simulaciones se empleó el eje de referencia simple de 82 kN (8,2 t), el cual fue empleado en los diseños de las estructuras de pavimentos; adicionalmente, sobre estas estructuras también se simuló un eje simple de 130 kN (13 t). Ambos ejes distribuyen la carga en cuatro llantas (dos llantas en cada lado del eje). La distancia entre llantas se supone igual a 31,5 cm y 37,5 cm para los ejes simple de referencia de 82 kN y 130 kN, respectivamente. Cada llanta de los ejes de 82 kN y 130 kN transmite al pavimento una carga de 20,5 kN y 32,5 kN, las cuales a su vez se distribuyen sobre la capa de rodadura suponiendo un área de contacto circular de 21 cm y 25 cm de diámetro, generando presiones de contacto de 592 kPa y 662 kPa, respectivamente.

6.1 Variables para el diseño y las simulaciones

6.1.1 Subrasante

Esta variable se caracteriza a través del módulo resiliente M_r empleando la Ecuación 22. Los valores de CBR utilizados en las simulaciones fueron de 1%, 3% y 5%, los cuales

corresponden a magnitudes de CBR de suelos de subrasante típicos reportados en la ciudad de Bogotá D.C.

$M_r = 1500 \times CBR$	[psi]	para $CBR < 10\%$	**Ecuación 22**
$M_r = 100 \times CBR$	[kg/cm^2]	para $CBR < 10\%$	

Para el caso de estructuras de pavimento flexible, cuando la subrasante experimente valores de CBR<5%, se hace necesario sustituir o reemplazar dicha subrasante por un espesor de material de conformación (recebo, rajón o similares). En las presentes simulaciones, cuando el CBR presente magnitudes de 1% y 3% fue necesario sustituir y reemplazar 50 cm y 20 cm de subrasante por material de rajón seleccionado, respectivamente, para alcanzar un CBR equivalente de 5%. Lo anterior se determinó con base en el manual de diseño de pavimentos del Instituto de Desarrollo Urbano IDU y la Universidad de Los Andes (2001).

6.1.2 Tránsito

La variable tránsito empleada en las simulaciones corresponden a ejes equivalentes de 80 kN que circulan en el carril y periodo de diseño W_{18}, de $5 \cdot 10^5$, $3 \cdot 10^6$, $7{,}5 \cdot 10^6$, y $2 \cdot 10^7$.

6.1.3 Propiedades mecánicas de los materiales

El parámetro mecánico con el cual se caracterizan los materiales es el módulo resiliente (en psi). Sin embargo, para el diseño y dimensionamiento del espesor de las capas del pavimento, estos parámetros se traducen a coeficientes estructurales de capas a_i, los cuales se determinan a través de la Ecuación 23 a la Ecuación 25. El coeficiente estructural corresponde a la capa de concreto asfáltico cuando el subíndice i es igual a uno ($i = 1$); a la capa granular no tratada de base cuando es igual a dos ($i = 2$), y a la capa granular no tratada de subbase cuando es igual a tres ($i = 3$).

$$a_1 = 0{,}184 \times ln(E_{CA}) - 1{,}9547 \quad \textbf{Ecuación 23}$$

$$a_2 = 0{,}249 \times log(E_{BG}) - 0{,}977 \quad \textbf{Ecuación 24}$$

$$a_3 = 0{,}227 \times log(E_{SBG}) - 0{,}839 \quad \textbf{Ecuación 25}$$

La temperatura media anual promedio $TMAP$ que se utilizó para el cálculo del módulo resiliente del concreto asfáltico (E_{CA}, en psi) para capas de rodadura fue de 15° C (para Bogotá D.C.) (Ver Tabla 40 a Tabla 42). Las variables E_{BG} y E_{SBG} son los módulos

resilientes (en psi) de la base y la subbase granular respectivamente, ε_6 es la amplitud de la deformación para que la mezcla asfáltica falle a 10^6 ciclos de carga en un ensayo de fatiga bajo esfuerzo controlado, y b es la pendiente de la ley de fatiga (ambos parámetros obtenidos en ensayos de laboratorio a 20° C). Para el caso de bases asfálticas, los valores de módulo resiliente del concreto asfáltico se presentan en la Tabla 43 y Tabla 44.

Tabla 40. Parámetros recomendados por INVIAS (2008) para capas de rodadura conformadas por una mezcla tipo MDC-2

TMAP [° C]	a_1 [-]	E_{CA} [MPa]
10	0,50	4479*
15	0,47	3764*
20	0,44	3162
25	0,41	2686
30	0,37	2161

*Valores obtenidos por regresión.

Tabla 41. Parámetros recomendados por IDU (2001) para capas de rodadura conformadas por una mezcla asfáltica tipo CASA

TMAP [° C]	a_1 [-]	E_{CA} [MPa]
10	0,59	7200
15	0,54	5400
20	0,46	3600
25	0,39	2450
30	0,28	1300

Tabla 42. Parámetros recomendados por IDU (2014) para capas de rodadura conformadas por una mezcla tipo MD12

$TMAP$ [° C]	a_1 [-]	E_{CA} [MPa]	
		$f = 5\ Hz$	$f = 10\ Hz$
10	0,63	9000	10500
15	0,58	6600	7900
20	0,50	4500	5500
25	0,44	3100	3900
30	0,34	1800	2400

Tabla 43. Parámetros recomendados por IDU (2001) para capas de base asfáltica conformadas por una mezcla asfáltica tipo 1

TMAP [° C]	a_1 [-]	E_{CA} [MPa]
10	0,63	9000
15	0,59	7000
20	0,52	5000
25	0,46	3500
30	0,36	2000

Tabla 44 .Parámetros recomendados por IDU (2014) para capas de base asfáltica

$TMAP$ [° C]	a_1 [-]	E_{CA} [MPa]	
		$f = 5\ Hz$	$f = 10\ Hz$
10	0,67	11000	12000
15	0,61	8000	9200
20	0,54	5300	6700
25	0,47	3700	4800
30	0,38	2300	3000

Los coeficientes estructurales a_2 y a_3, así como los valores de E_{BG} y E_{SBG} de las capas granulares de base y subbase respectivamente que se utilizaron para el dimensionamiento de las estructuras de pavimento se presentan en la Tabla 45.

Tabla 45. Parámetros mecánicos para las simulaciones de las capas granulares de base y subbase.

Capa	Parámetro	W_{18}			
		5x10^5	3x10^6	7,5x10^6	2x10^7
Base	E_{BG} [psi]	28000	30000	30000	30000
	a_2 [-]	0,13	0,138	0,138	0,138
Subbase	E_{SBG} [psi]	15000	17000	18500	18500
	a_3 [-]	0,109	0,121	0,130	0,130

Para el cálculo de los estados de deformación al cual serán sometidas las estructuras dimensionadas, la relación de Poisson ν empleada en las simulaciones fue de 0,35 y 0,30 para las capas asfálticas y granulares no tratadas (base, subbase y material de conformación) respectivamente. Estos valores son los recomendados por IDU (2001) y

Reyes (2003), y son ampliamente utilizados por los diseñadores que emplean métodos mecanicistas para el dimensionamiento de estructuras de pavimentos.

6.2 Otras variables de diseño para el caso de estructuras flexibles

- El Índice de Serviciabilidad ΔPSI que se empleó para las simulaciones fue de 2,2 para $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ y de 2,0 para $W_{18} = 3 \cdot 10^6$, $W_{18} = 7{,}5 \cdot 10^6$ y $W_{18} = 2 \cdot 10^7$.
- Los coeficientes de drenaje m_2 y m_3 se suponen de 0,9 con base en las condiciones típicas de drenaje y la precipitación anual promedio de la ciudad de Bogotá D.C.
- La Confiabilidad R que se utilizó fue de 80% para $W_{18} = 5 \cdot 10^5$, de 90% para $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ y de 2,0 para $W_{18} = 3 \cdot 10^6$, $W_{18} = 7{,}5 \cdot 10^6$ y $W_{18} = 2 \cdot 10^7$. Para estos valores de R, el fractil de la ley normal centrada Z_r es de -0,84, -1,28 y -1,65 respectivamente. El error normal combinado S_o se tomó de 0,45 para estructuras flexibles en construcción nueva.

6.3 Simulaciones y dimensiones de las estructuras diseñadas

En la Tabla 46 y la Tabla 47 se presentan las estructuras diseñadas con base en las simulaciones ejecutadas y descritas con anterioridad, para frecuencias de aplicación de la carga de 5 Hz y 10 Hz, respectivamente; en estas tablas se presentan las estructuras dimensionadas manteniendo constante el espesor de la capa asfáltica, la capa de base granular y el material de conformación, es decir, se varía únicamente el espesor de la capa de subbase para el análisis. Adicionalmente, se presentan los valores de deformación a tracción en la fibra inferior de la capa asfáltica ε_t y la deformación vertical que experimenta la subrasante ε_z determinados a través de la simulación computacional ejecutada en el programa DEPAV. En la Tabla 47 y la Tabla 47 se presenta el mismo ejercicio de dimensionamiento y simulación computacional de las estructuras (para frecuencias de aplicación de la carga de 5 Hz y 10 Hz, respectivamente), pero en el diseño, se varía únicamente el espesor de la capa asfáltica para el análisis. En el ANEXO M al ANEXO P se presentan las imágenes del programa DEPAV correspondientes a las simulaciones de las estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la subbase granular, y a las simulaciones de las estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la capa asfáltica, respectivamente. En ambas tablas, la frecuencia de carga empleada fue de 5 Hz (velocidad de circulación y de aplicación de carga aproximada de 35-45 km/h). De la misma forma, en la Tabla 46 y la Tabla 47 se presentan estructuras dimensionadas, en donde a diferencia de las anteriores, la frecuencia de carga empleada fue de 10 Hz (velocidad de circulación y de aplicación de carga aproximada de 70-80 km/h).

Para el caso de la variable tránsito con $W_{18} = 2 \cdot 10^7$, la capa asfáltica se debe conformar por una capa de rodadura apoyada sobre una base asfáltica. En este caso, los valores de módulo resiliente de ambas capas se promediaron para el análisis. Es importante resaltar, que INVIAS (2008) no propone módulos resilientes ni valores de coeficientes estructurales de capa para bases asfálticas, por tal motivo se empleó en este caso para el análisis, el valor que recomienda para capa de rodadura en mezcla MDC-2 de la Tabla 40.

En estas tablas, h_{CA}, h_{BG}, h_{SBG}, y h_{MC} son el espesor de la capa asfáltica, base, subbase granular y material de conformación (rajón o material seleccionado), respectivamente.

Tabla 46. Resumen de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la sub base granular

Referencia	W_{18}	h_{CA} [cm]	h_{BG} [cm]	h_{SBG} [cm]	h_{MC} [cm]			ε_t [10^{-6}]		ε_z [10^{-6}]	
					***CBR*=1%**	***CBR*=3%**	***CBR*=5%**	**82 kN**	**130 kN**	**82 kN**	**130 kN**
INVIAS (2008)	$5x10^5$	6,0	15,0	26,0	50,0	20,0	0,0	353	426	739	1080
	$3x10^6$	9,0	20,0	31,0	50,0	20,0	0,0	264	335	455	688
	$7,5x10^6$	10,0	20,0	38,0	50,0	20,0	0,0	241	310	365	556
	$2x10^7$	15,0	20,0	38,0	50,0	20,0	0,0	167	227	283	435
IDU (2001)	$5x10^5$	6,0	15,0	21,0	50,0	20,0	0,0	311	385	819	1190
	$3x10^6$	9,0	20,0	26,0	50,0	20,0	0,0	223	289	486	732
	$7,5x10^6$	10,0	20,0	32,0	50,0	20,0	0,0	202	265	394	599
	$2x10^7$	15,0	20,0	26,0	50,0	20,0	0,0	128	175	314	481
IDU (2014)	$5x10^5$	6,0	15,0	19,0	50,0	20,0	0,0	288	361	846	1230
	$3x10^6$	9,0	20,0	23,0	50,0	20,0	0,0	202	265	504	758
	$7,5x10^6$	10,0	20,0	29,0	50,0	20,0	0,0	182	241	406	617
	$2x10^7$	15,0	20,0	22,0	50,0	20,0	0,0	117	161	322	492

Tabla 47. Resumen de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la capa asfáltica

Referencia	W_{18}	h_{CA} [cm]	h_{BG} [cm]	h_{SBG} [cm]	h_{MC} [cm]			ε_t [10^{-6}]		ε_z [10^{-6}]	
					***CBR*=1%**	***CBR*=3%**	***CBR*=5%**	**82 kN**	**130 kN**	**82 kN**	**130 kN**
INVIAS (2008)	$5x10^5$	5,0	15,0	30,0	50,0	20,0	0,0	369	429	702	1030
	$3x10^6$	7,5	20,0	38,0	50,0	20,0	0,0	293	362	419	635
	$7,5x10^6$	10,0	20,0	38,0	50,0	20,0	0,0	241	310	365	556
	$2x10^7$	15,0	20,0	38,0	50,0	20,0	0,0	167	227	283	435
IDU (2001)	$5x10^5$	4,5	15,0	30,0	50,0	20,0	0,0	340	399	705	1040
	$3x10^6$	6,5	20,0	38,0	50,0	20,0	0,0	272	336	427	646
	$7,5x10^6$	8,7	20,0	38,0	50,0	20,0	0,0	224	288	373	568
	$2x10^7$	12,5	20,0	38,0	50,0	20,0	0,0	151	204	293	450
IDU (2014)	$5x10^5$	4,1	15,0	30,0	50,0	20,0	0,0	326	381	713	1050
	$3x10^6$	6,0	20,0	38,0	50,0	20,0	0,0	261	322	432	653
	$7,5x10^6$	8,0	20,0	38,0	50,0	20,0	0,0	215	277	379	577
	$2x10^7$	11,8	20,0	38,0	50,0	20,0	0,0	145	196	295	454

6.4 Conclusiones de la simulación

Actualmente, la mayor parte de los diseñadores de pavimentos flexibles y semi-rígidos en la ciudad de Bogotá D.C. emplean, para el dimensionamiento de este tipo de estructuras, los valores de módulo resiliente recomendados por INVIAS (2008). Estos valores de módulo tienen como principales limitaciones, que subestiman la rigidez bajo carga cíclica que experimentan mezclas fabricadas en la ciudad de Bogotá D.C., presentan magnitudes en un amplio rango de temperatura, no es claro el efecto de la velocidad de aplicación de carga y solo se recomiendan para la mezcla MDC-2 (rodadura) lo cual hace confusa su escogencia. Adicionalmente, INVIAS (2008) no reporta magnitudes de vida o resistencia a fatiga de la mezcla MDC-2 reportada. Lo anterior podría redundar principalmente en sobredimensionamiento de las estructuras viales diseñadas cuando se emplean como referencia los valores de módulo resiliente recomendados por INVIAS (2008). Así por ejemplo, bajo las condiciones descritas con anterioridad de las simulaciones ejecutadas en el presente estudio se reporta, que al diseñar pavimentos flexibles empleando los módulos resilientes recomendados por INVIAS (2008), el sobredimensionamiento de las estructuras osciló aproximadamente entre 7 cm y 16 cm de capa de subbase o entre 1 cm y 3 cm de espesor de capa asfáltica cuando son comparados con los módulos recomendados en el marco del proyecto Contrato IDU-038-2012 "*Caracterización Dinámica de Mezclas Asfálticas*" y reportados en IDU (2014) para una frecuencia de carga de 5 Hz (velocidad de aplicación de carga entre 35-45 km/h como la que experimentan algunos tramos viales en la ciudad de Bogotá D.C.). Se reporta adicionalmente que el sobredimensionamiento aumenta conforme incrementa la variable tránsito. Los valores de módulo resiliente recomendados por IDU (2001) son ligeramente menores a aquellos reportados en IDU (2014). Lo anterior generó un ligero sobredimensionamiento de las estructuras viales cuando se emplearon los valores recomendados por IDU (2001) en comparación con los del IDU (2014) (entre 3 cm y 4 cm de diferencia en la capa de subbase y 0,5 cm a 0,7 cm en la capa asfáltica).

Para una frecuencia de carga de 10 Hz (velocidad de aplicación de carga entre 70-80 km/h), emplear los módulos resilientes recomendados por INVIAS (2008), podría generar un sobredimensionamiento de las estructuras aproximado de entre 9 cm y 20 cm de capa de subbase, o entre 1 cm y 3,7 cm de espesor de capa asfáltica, cuando son comparados con los módulos recomendados en el marco del proyecto Contrato IDU-038-2012 "Caracterización Dinámica de Mezclas Asfálticas", y reportados en IDU (2014).

En Bogotá D.C., debido al clima, el modo de daño de agrietamiento por fatiga debido a cargas cíclicas se genera con mayor recurrencia en comparación con el fenómeno de ahuellamiento. En este sentido, el agrietamiento por fatiga es el mecanismo de daño que más se debe controlar a la hora de diseñar estructuras de pavimento flexible en la ciudad

de Bogotá D.C. Se reporta en los resultados de las simulaciones, que a pesar que las estructuras de pavimento flexible diseñadas, empleando los parámetros mecánicos recomendados por INVIAS (2008) tienden a sobredimensionarlas, los estados de deformación a tracción en la fibra inferior de la capa asfáltica que experimentarán dichas estructuras es superior a aquellas que experimentarán las estructuras que emplean los parámetros reportados por IDU (2014).

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Respecto a la metodología y diseño del experimento:

- El material granular obtenido para la elaboración de las mezclas asfálticas es, en su mayoría, procedente de fuentes ubicadas en el departamento del Tolima, y resulta representativo al material que actualmente se utiliza en la ciudad de Bogotá D.C para la elaboración de mezclas asfálticas.

Respecto a la caracterización de materiales:

- Se realizaron los ensayos de caracterización sobre los agregados pétreos, cumpliendo éstos con todas las características especificadas por el Instituto para su uso en la elaboración de las mezclas asfálticas en caliente a evaluar en el proyecto.

- Se realizaron los ensayos de caracterización sobre los ligantes asfálticos Barrancabermeja 60-70 y Apiay 60-70, cumpliendo éstos con todas las características especificadas por el Instituto para su uso en la elaboración de las mezclas asfálticas en caliente MD-12, MS-25 y MG-20. Es oportuno resaltar que no fue posible determinar la viscosidad del ligante Apiay 60-70 a una temperatura de 60° C mediante el método del viscosímetro rotacional Brookfield, por lo que el valor reportado corresponde al calculado por medio de la regresión obtenida a partir de los valores experimentales, y cuyo valor excede al especificado pro el Instituto para este ligante.

- Se realizaron los ensayos de caracterización sobre el ligante asfáltico modificado Tipo V de baja penetración, cumpliendo éste con la mayoría de las características especificadas por el Instituto para su uso en la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente de alto módulo MAM-20. El parámetro que no se logró cumplir fue el de penetración; sin embargo, se considera que para este tipo de ligante, esta característica no es suficiente para predecir un posible comportamiento de la mezcla asfáltica de alto módulo donde, para esto, se recomienda analizar parámetros como las relaciones entre el módulo de corte complejo y el ángulo de fase. Se espera que un ligante más blando tenga efectos sobre la mezcla disminuyendo su módulo resiliente, aumentando la velocidad de deformación plástica, e incrementando el desempeño a la fatiga.

- Se realizaron los ensayos de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de las mezclas asfálticas MD12, MS25 y MG20 con asfalto Barrancabermeja 60-70 y

Apiay 60-70, después de someterlas a un estado de envejecimiento a corto plazo (STOA).

- Se realizaron los ensayos de resistencia a la fatiga a esfuerzo controlado a las mezclas asfálticas MD12, MS25 y MG20 con asfalto Barrancabermeja 60-70 y Apiay 60-70, después de someterlas a un estado de envejecimiento a corto plazo (STOA).

- Se realizaron los ensayos de resistencia al daño causado por humedad para las mezclas asfálticas MD12, MS25 y MG20 con asfalto Barrancabermeja 60-70 y Apiay 60-70, después de someterlas a un estado de envejecimiento a corto plazo (STOA), cumpliendo éstos con el valor especificado por el Instituto.

- Se realizaron los ensayos de resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensayo de laboratorio para las mezclas asfálticas MD12, MS25 y MG20 con asfalto Barrancabermeja 60-70 y Apiay 60-70, después de someterlas a un estado de envejecimiento a corto plazo (STOA), cumpliendo éstos con el valor especificado por el Instituto.

Respecto al análisis de resultados:

- Con base en los ensayos de laboratorio ejecutados sobre el agregado pétreo utilizado en esta investigación, el cual también es ampliamente usado en la fabricación de mezclas asfálticas en Bogotá se concluye, que éste es apto para la fabricación de mezclas de concreto asfáltico para capas de base asfáltica e intermedia, para cualquier nivel de tráfico (T0-T5), y para capas de rodadura con tráfico T0-T3, de acuerdo a las especificaciones técnicas IDU-ET-2011. El agregado pétreo grueso empleado para la fabricación de las mezclas asfálticas del presente estudio es de buena resistencia al desgaste por impacto y por abrasión, así como al fracturamiento de partículas. Así mismo se observa, que dicho agregado pétreo es de buena resistencia a desintegrarse cuando dentro de sus poros, el agua expande por congelamiento (ensayo de sanidad en sulfato de sodio) y presenta partículas con formas ideales (redondeadas con caras angulares y fracturadas con muy poco contenido de partículas alargadas y aplanadas) para desarrollar un buen esqueleto granular que ayude en procesos de compactación de mezclas asfálticas, así como a resistir cargas estáticas, dinámicas o de impacto. Adicionalmente se observa que las partículas finas no presentan contenido de arcilla, materia orgánica en exceso o de polvo que generen disminución de adherencia entre el agregado pétreo y el asfalto, y disminución de resistencia y durabilidad de la mezcla por exceso de finos o contaminantes.

- De acuerdo con los resultados de los ensayos de caracterización típicos que se ejecutaron sobre los dos cementos asfálticos CA 60-70 provenientes de las refinerías de la Empresa Colombiana de Petróleos – ECOPETROL, en Barrancabermeja y Apiay, y del cemento asfáltico (CA) modificado tipo V, se concluye que los asfaltos CA 60-70 cumplen con los requisitos mínimos de calidad que exigen las especificaciones técnicas IDU-ET-2011 (2011a) para ser empleados como ligantes en la fabricación de mezclas de concreto asfáltico; sin embargo, para el caso del CA modificado tipo V, el valor de penetración obtenido excede ligeramente al valor máximo recomendado por las especificaciones técnicas IDU-ET-2011. Lo anterior generó principalmente, que el módulo resiliente obtenido a 20° C y frecuencia de 10 Hz de la mezcla MAM20 presentara un valor muy cercano al mínimo exigido (10.000 MPa) para ser denominada mezcla de alto de módulo. Se recomienda en este sentido, hacer cumplir de manera estricta la especificación IDU (2011, articulo 202-11): Penetración (25° C, 100 g, 5 s) entre 15 mm/10 y 40 mm/10 para cemento asfáltico modificado tipo V.

- Con los resultados de los ensayos de caracterización reológica que se ejecutaron sobre los dos cementos asfálticos CA 60-70 provenientes de Barrancabermeja y Apiay, y del CA modificado tipo V se concluye, que el ligante de Apiay presenta mayor rigidez que el de Barrancabermeja cuando no ha sido sometido a ningún proceso de envejecimiento a corto y largo plazo. Estos resultados son acordes con los valores típicos de caracterización; sin embargo, éste comportamiento cambia cuando los asfaltos CA 60-70 son sometidos a procesos de envejecimiento a largo plazo en RTFOT+PAV. Lo anterior induce a pensar que en los procesos de fabricación de mezclas de concreto asfáltico en planta asfáltica, y en los procesos de extensión y compactación en obra, así como durante la vida útil en servicio, las mezclas fabricadas con estos asfaltos experimentarán un incremento en rigidez mayor cuando sean manufacturadas con CA 60-70 proveniente de Barrancabermeja. En este punto es importante mencionar, que se debe hacer un control más estricto en las plantas de asfalto de los procesos de almacenamiento, calentamiento y sobrecalentamiento del CA 60-70 proveniente de Barrancabermeja, ya que el incremento en rigidez reportado anteriormente ocurre por envejecimiento u oxidación, y se debe recordar que un asfalto envejecido genera, disminución en la adherencia entre el agregado pétreo y el ligante (aumentado la probabilidad de incremento del fenómeno de “stripping”), cambio del comportamiento dúctil a frágil del ligante y la mezcla asfáltica acompañado de un incremento en su rigidez y viscosidad. La oxidación de asfaltos es considerada generalmente como el principal factor que contribuye al endurecimiento y fragilización del mismo. Endurecimiento excesivo del cemento asfáltico es indeseable porque a menudo lleva a problemas asociados con la fragilidad y agrietamiento de la capa asfáltica en el pavimento, especialmente a bajas temperaturas de servicio.

- Comparando los asfaltos CA 60-70 convencionales, el asfalto producido en Apiay presenta mejor grado de desempeño que aquel producido en Barrancabermeja, lo que se traduce en mayor resistencia a las deformaciones permanentes en climas de alta temperatura, mayor resistencia al envejecimiento a largo plazo y al agrietamiento en temperaturas intermedias.

- Con base en los resultados obtenidos de los ensayos de caracterización física y reológica se concluye, que el asfalto modificado tipo V presenta una mayor rigidez que los CA 60-70 convencionales (sin modificar). Lo anterior hace prever la utilización del asfalto modificado tipo V en vías donde se requiera fabricar mezclas más rígidas que las convencionales (p.e., mezclas de alto módulo), que experimenten mayor resistencia a las deformaciones permanentes (ahuellamiento) y que soporten tráfico pesado combinado con alto número de circulación de dicho tráfico. Así mismo, la mayor rigidez obtenida en el asfalto modificado tipo V hace prever que:

  - Es necesario en las plantas de asfalto elevar la temperatura de mezcla con el agregado pétreo para la fabricación de la mezcla asfáltica y la de extensión y compactación en obra. Lo anterior generará la necesidad de tomar acciones para disminuir el impacto ambiental negativo que trae consigo el aumento de dichas temperaturas
  - Se controle de manera estricta mediante tramos de prueba, las temperaturas óptimas de extensión y compactación, ya que disminución excesiva de la temperatura puede causar agrietamientos tempranos y mezclas mal compactadas.

- El asfalto modificado tipo V incrementó su máxima temperatura de servicio comparado con los asfaltos convencionales CA 60-70, resultando las mezclas fabricadas con este último asfalto (MAM20) más resistentes a las deformaciones plásticas. Adicionalmente, el asfalto modificado tipo V aumentó, en comparación con los convencionales, su resistencia al agrietamiento a temperaturas intermedias de servicio. Para el caso de la ciudad de Bogotá D.C. (temperatura media anual promedio entre 13° C y 15° C y mínima de 5° C), los resultados del ensayo de caracterización reológica a temperaturas intermedias de servicio reportan un mejor comportamiento y resistencia al agrietamiento y al envejecimiento cuando se emplea el cemento asfáltico modificado tipo V. Ninguno de los dos asfaltos producidos por ECOPETROL garantiza un buen desempeño en un clima como el de Bogotá D.C., sin embargo, entre los dos asfaltos convencionales (sin modificar), el más recomendado para ser utilizado es el producido en Apiay.

- Las temperaturas aproximadas de mezclado y compactación en laboratorio para mezclas asfálticas elaboradas con los CA 60-70 de Barrancabermeja y Apiay fueron de 150° C y 140° C, 151° C y 142° C, respectivamente. Para el caso del CA modificado tipo V, las temperaturas de mezclado y compactación fueron 175° C y 163° C. En plantas de asfalto, para determinar la temperatura optima de mezcla de los asfaltos convencionales analizados (CA 60-70 producidos en las refinerías de ECOPETROL en Apiay y Barrancabermeja) con los agregados pétreos, se puede seguir empleando el criterio tradicional de escogencia, el cual de acuerdo con la norma ASTM D6925 reporta, que la viscosidad requerida para obtener la temperatura de fabricación de mezclas asfálticas en caliente del tipo denso es de 85 ± 15 SSF = 170 cP. Sin embargo, para el caso de mezclas fabricadas con el cemento asfáltico modificado tipo V, esta temperatura debe ser reportada por el proveedor del asfalto, y se debe tener en cuenta de manera adicional para su escogencia, no oxidar y envejecer el ligante prematuramente, no degradar u alterar la resistencia al fracturamiento o al desgaste del agregado pétreo, no impactar ostensiblemente el medio ambiente y hacer cumplir rigurosamente los parámetros de composición volumétrica y de resistencia exigidos en el diseño de la mezcla.

- De acuerdo a los resultados de los ensayos de resistencia de una mezcla asfáltica al daño por humedad, se puede concluir que todas las mezclas asfálticas cumplen con los valores que actualmente están estandarizados por la especificación IDU (Instituto de Desarrollo Urbano IDU, 2011a) por lo que se puede sugerir estos valores como los límites recomendados.

- De acuerdo a los resultados de los ensayos de resistencia de una mezcla asfáltica a la deformación plástica, se puede concluir que todas las mezclas asfálticas cumplen con los valores que actualmente están estandarizados por la especificación IDU (Instituto de Desarrollo Urbano IDU, 2011a) por lo que se puede sugerir estos valores como los límites recomendados.

- De acuerdo a los resultados de los ensayos de tracción indirecta bajo carga cíclica del tipo resiliente sobre mezclas asfálticas se encontró, que la rigidez de la mezcla MD12 fabricada con CA 60-70 de Apiay es ligeramente superior a la fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja debido principalmente a la mayor rigidez del asfalto producido en Apiay. Contrario a lo anterior, las mezclas MG20 y MS25 experimentan ligeramente mayor rigidez a temperaturas de 10° C y 20° C cuando se emplea para su fabricación CA 60-70 de Barrancabermeja. Lo anterior debido principalmente a que a pesar que el asfalto de Apiay es más rígido que el de Barrancabermeja, las mezclas MG20 y MS25 fabricadas con CAA desarrollan mayor contenido de vacíos con aire que aquellas fabricadas con CAA. Las mezclas convencionales fabricadas con asfalto CA 60-70 proveniente de Apiay y Barrancabermeja, que experimentaron por lo

general, la mayor y menor rigidez para cualquier temperatura y frecuencia de carga en los ensayos, fueron la MG20 y la MD12 respectivamente. Lo anterior es debido principalmente a la presencia de agregados pétreos más gruesos en la mezcla MG20 en comparación con aquellos que se utilizan para la fabricación de mezclas MD12.

- Como era de esperarse, se observa un incremento del módulo cuando se aumenta la frecuencia de carga y disminuye la temperatura del ensayo. Adicionalmente, se encontró que la mezcla con la mayor rigidez bajo carga cíclica la experimenta la MAM20. Lo anterior es debido principalmente a que la mezcla MAM20 emplea un ligante asfáltico modificado más viscoso y rígido (cemento asfáltico modificado tipo V) en comparación con los empleados para la fabricación de las mezclas MG20, MS25 y MD12 (cemento asfáltico tipo CA 60-70 proveniente de Apiay y Barrancabermeja). En comparación con la mezcla MG20, la mezcla MAM20 experimentó un incremento promedio en su rigidez de 30% y 46% cuando la temperatura de ensayo fue de 20° C y 30° C respectivamente. Este incremento promedio fue de 83% y 138% para temperatura de ensayo de 20° C y 30° C respectivamente cuando se comparó con la mezcla MD12. Lo anterior hace prever la utilización de mezclas tipo MAM20 en vías donde se requiera alta resistencia a las deformaciones permanentes (ahuellamiento), que soporten tráfico pesado combinado con alto número de circulación de dicho tráfico, y en la conformación de capas asfálticas gruesas (superiores a 12 cm) donde el modo de carga por fatiga que experimente dicha capa sea el de esfuerzo controlado.

- Con base en los resultados de los ensayos de resistencia a la fatiga bajo el modo de ensayo de esfuerzo controlado, se observa que la mezcla MD12 fabricada con CA 60-70 de Apiay experimenta mayor resistencia a fatiga en comparación con la fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja. Para una magnitud de esfuerzo aplicado de 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa, 300 kPa, 400 kPa, 500 kPa y 600 kPa, la vida a fatiga (entendida como el número de ciclos de carga que es capaz de resistir bajo una determinada aplicación de carga cíclica) es de 10,4, 6,4, 3,9, 2,9, 2,3, 2,0 y 1,8 veces superior cuando la mezcla MD12 se fabrica con CA 60-70 de Apiay en comparación con aquella fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja. Lo anterior induce a pensar, que en la conformación de capas asfálticas gruesas (espesores superiores a 12 cm), las mezclas MD12 fabricadas con CA 60-70 proveniente de Apiay experimentarán mayor vida a fatiga en comparación a aquellas fabricadas con CA 60-70 de Barrancabermeja. Sin embargo en capas asfálticas delgadas (espesor inferior o igual a 5 cm) las mezclas MD12 fabricadas con CA 60-70 proveniente de Apiay experimentarán menor vida a fatiga. La mezcla MD12 fabricada con ambos tipos de asfalto experimentó similar deformación a tensión en el estado de falla. Para el caso de las mezclas MS25 y MG20 se observa que la resistencia a la fatiga es similar

cuando se fabrican con ambos tipos de asfaltos (CA 60-70 provenientes de Apiay y Barrancabermeja).

- Por lo general, las mezclas más rígidas experimentaron mayor vida a fatiga bajo el modo de carga a esfuerzo controlado. Así mismo se reporta, que entre mayor sea el tamaño de partículas, las mezclas tienden a disminuir su resistencia a fatiga bajo este modo de carga. Bajo el modo de carga de esfuerzo controlado, la mezcla más resistente al fenómeno de fatiga fue la MAM20 (mezcla que emplea el ligante asfáltico más rígido) y la menos resistente la MS25 (mezcla que posee el mayor tamaño de partículas lo que favorece el desarrollo de un esqueleto granular con menor contacto entre partículas y menor contenido de asfalto). Para resistir 10^5, 10^6 y 10^7 ciclos de carga, la mezcla MAM20 tuvo que ser sometida a esfuerzos cíclicos aproximados de 288 kPa, 212 kPa y 156,6 kPa respectivamente, mientras que la mezcla MS25 a 147 kPa, 87 kPa y 52 kPa.

- Teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de fatiga y la caracterización reológica de los asfaltos estudiados, para el caso de la ciudad de Bogotá D.C. (temperatura media anual promedio entre 13° C y 15° C y mínima de 5° C), se recomienda no emplear ninguna de las mezclas ensayadas en capas asfálticas delgadas (espesor inferior a 5 cm) soportadas sobre capas granulares no tratadas (pavimentos flexibles).

- En síntesis, la mejor utilización de la mezcla MAM20 se podría presentar bajo las siguientes condiciones:

  - Capas asfálticas gruesas (espesor superior a 12 cm), en donde el modo de carga es el de esfuerzo controlado.
  - Vías de tráfico pesado y alto número de flujo vehicular.
  - Clima de alta temperatura.

Los resultados de este estudio se divulgaron a los funcionarios del IDU, en reunión realizada en las instalaciones de la Pontificia Universidad Javeriana el 27 de julio de 2014 a las 8:00 am. En el ANEXO Q se presenta el registro fotográfico del evento y el listado de asistencia.

8 BIBLIOGRAFÍA

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials. Guide for Design of Pavement Structures, Washington, D. C., 1986, 1993.

Abo-Qudais, S., y Al-Shweily, H. (2007). Effect of Aggregate Properties on Asphalt Mixtures Stripping and Creep Behavior. Construction and Building Materials, 21, 1886-1898.

Abo-Qudais, S., y Al-Shweily, H. (2007a). Effect of Antistripping Additives on Environmental Damage of Bituminous Mixtures. Building and Environment, 42, 2929-2938.

Aguiar, J. P. (2012). Calibración de Modelos Basados en Curvas Maestras para Temperaturas de Mezclado y Compactación en Costa Rica. Paper presented at the 8 Jornadas Internacionales del Asfalto, Bogotá D.C., Colombia.

Airey, G. D. (2003). State of the Art Report on Ageing Test Methods for Bituminous Pavement Materials. International Journal of Pavement Engineering, 4(3), 165-176.

Aksoy, A., Samlioglu, K., Tayfur, S., y Ozen, H. (2005). Effects of Various Additives on the Moisture Damage Sensitivity of Asphalt Mixtures. Construction and Building Materials, 19, 11-18.

Amirkhanian, S., y Williams, B. (1993). Recyclability of Moisture Damaged Flexible Pavements. Journal of Materials in Civil Engineering, 5(4), 510-530.

Asphalt Institute. (1962). Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types.

Asphalt Institute. (1974). Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types.

Bagampadde, U., Isacsson, U., y B., K. (2005). Influence of aggregate chemical and mineralogical composition on stripping in bituminous mixtures. International Journal of Pavement Engineering, 6(4), 229-239.

Bagampadde, U., y Kiggundu, B. (2007). Influence of Truck Load Channelization on Stripping in Asphalt Mixtures. Construction and Building Materials, 21, 1628-1635.

Bahia, H. U. (2006). Prediction of Compaction Temperatures Using Binder Rheology. Transportation Research. Factors Affecting Compaction of Asphalt Pavements, 105, 317.

Biro, S. G. (2009). Determination of Zero Shear Viscosity of Warm Asphalt Binders. Construction and Building Materials, 23, 2080–2086.

Breakah, T., Bausano, J., y Williams, R. (2009). Integration of Moisture Sensitivity Testing with Gyratory Mix Design and Mechanistic-Empirical Pavement Design. Journal of Transportation Engineering, 135(11), 852–857.

Caicedo B. y Pérez S. A. Desarrollo del carrusel de fatiga de la universidad de los andes. Revista de Ingeniería No. 12, Universidad de Los Andes, 2000.

Caro, S., Coral L., Caicedo B. Modelación del ahuellamiento en mezclas asfálticas de pavimentos. Revista de Ingeniería No. 18, Universidad de Los Andes, 2003.

Caro, S., Masad, E., Bhasin, A., y Little, D. (2008). Moisture Susceptibility of Asphalt Mixtures, Part 1: Mechanisms. International Journal of Pavement Engineering, 9(2), 81-98.

Choi, J. K. (2011). Visco-Elastic Analysis of the Elastomeric Binder Shear Resistance in Relation to Asphalt Rutting. Road Materials and Pavement Design, 12(4), 767-794.

D'Angelo, J. (2004). Multi-Stress Creep Recovery - A New Approach to the Refinement of High Temperature Binder Specification. Paper presented at the Petersen Asphalt Research Conference.

De Visscher, J. S. (2004). A Comparison Of The Zero Shear Viscosity From Oscillation Tests And The Repeated Creep Test. Paper presented at the Proceedings of the 3rd Eurasphalt and Eurobitume Congress, Held Vienna, Austria.

Desmazes, C. L. (2000). A Protocol for Reliable Measurement of Zero-Shear-Viscosity in Order to Evaluate the Anti-Rutting Performance of Binders. Paper presented at the 2nd Eurasphalt y Eurobitume Congress, Barcelona.

El Hussein, H., Kim, K., y Ponniah, J. (1998). Asphalt Concrete Damage Associated with Extreme Low Temperatures. Journal of Materials in Civil Engineering, 10(4), 269-274.

Garnica, P., Gómez J. y Sesma J. Mecánica de materiales para pavimentos. Publicación Técnica, No 197. Sanfandila-Queretano – Secretaría de Comunicación y Transporte, pp 1-234, 2002.

Giuliani, M. (2006). reep Flow Behavior of Asphalt Rubber Binder – The Zero Shear Viscosity Analysis.

Hensley, J. (1998). Establishing Hot Mix Asphalt Mixing and Compaction Temperatures at the Project Level. Asphalt, 12(2).

Instituto de Desarrollo Urbano IDU y Universidad de Los Andes. Manual de Diseño de Pavimentos para Bogotá. Bogotá D.C., Colombia. 2001.

Instituto de Desarrollo Urbano IDU. Caracterización dinámica de mezclas asfálticas. Informe final Contrato IDU-038-2012, Bogotá D.C., 2014.

Instituto de Desarrollo Urbano IDU. Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público para Bogotá D.C., Bogotá D.C., Colombia, 2011.

Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (2011a). Cemento asfáltico (Vol. 200-11, pp. 5). Bogotá D.C.: Instituto de desarrollo urbano IDU.

Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (2011b). Cemento asfáltico modificado con polímeros (Vol. 202-11, pp. 5). Bogotá D.C.: Instituto de desarrollo urbano IDU.

Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (2011c). Mezclas asfálticas en caliente densas, semidensa, gruesas, y de alto módulo (Vol. 510-11, pp. 49). Bogotá D.C.: Instituto de desarrollo urbano-IDU.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007a). Adherencia en bandeja (Vol. I.N.V. E-740-07, pp. 2). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007b). Análisis granulométrico de suelos por tamizado (Vol. I.N.V. E-123-07, pp. 6). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007c). Contenido aproximado de materia orgánica en arenas usadas en la preparación de morteros o concretos (Vol. I.N.V. E-212-07, pp. 3). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007d). Determinación de la resistencia al desgaste utilizando el equipo Micro-Deval (Vol. I.N.V. E-238-07, pp. 7). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007e). Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados (influencia por forma de las partículas, textura de la superficie y gradación) (Vol. I.N.V. E-239-07, pp. 10). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007f). Determinación del límite líquido de los suelos (Vol. I.N.V. E-125-07, pp. 13). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007g). Ductilidad de los materiales asfálticos (Vol. I.N.V. E-702-07, pp. 5). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007h). Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de mezclas asfálticas (Vol. I.N.V. E-749-07, pp. 8). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007i). Ensayo en el horno de lámina asfáltica delgada en movimiento (Vol. I.N.V. E-720-07, pp. 8). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007j). Equivalente de arena de suelos y agregados finos (Vol. I.N.V. E-133-07, pp. 15). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007k). Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10 % de Finos (Vol. I.N.V. E-224-07, pp. 4). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007l). Evaluación de la suceptibilidad al agua de las mezclas asfálticas compactadas utilizando la prueba de tracción indirecta (Vol. I.N.V. E-725-07, pp. 10). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007m). Gravedad específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos (Vol. I.N.V. E-707-07, pp. 8). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007n). Gravedad específica y absorción de agregados finos (Vol. I.N.V. E-222-07, pp. 8). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007o). Gravedad específica y absorción de agregados gruesos (Vol. I.N.V. E-223-07, pp. 6). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007p). Límite plástico e índice de plasticidad (Vol. I.N.V. E-126-07, pp. 7). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007q). Medición de propiedades reológicas de los ligantes asfálticos mediante el reómetro de corte dinámico (Vol. I.N.V. E-750-07, pp. 28). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007r). Método para determinar la viscosidad del asfalto empleando el viscosímetro rotacional (Vol. I.N.V. E-717-07, pp. 5). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007s). Método para determinar partículas planas, alargadas, o planas y alargadas en agregados gruesos (Vol. I.N.V. E-240-07, pp. 7). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007t). Normas de Ensayos de Materiales para Carreteras.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007u). Penetración de los materiales asfálticos (Vol. I.N.V. E-706-07, pp. 8). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007v). Porcentaje de caras fracturadas en los agregados (Vol. I.N.V. E-227-07, pp. 5). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007w). Punto de ablandamiento de materiales bituminosos (Aparato de anillo y bola) (Vol. I.N.V. E-712-07, pp. 7). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007x). Resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensayo de laboratorio (Vol. I.N.V. E-756-07, pp. 15). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007y). Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de los ángeles (Vol. I.N.V. E-218-07, pp. 6). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007z). Resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall (Vol. I.N.V. E-748-07, pp. 15). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007aa). Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio (Vol. I.N.V. E-220-07, pp. 12). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2007ab). Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenante mineral (Vol. I.N.V. E-235-07, pp. 4). Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2008). Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con bajos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C.

Jahromi, S. (2009). Estimation of Resistance to Moisture Destruction in Asphalt Mixtures. Construction and Building Materials, 23, 2324-2331.

Jenkins, J. Flexure Fatigue. Obtenida el 27 de agosto de 2009, de http://pavementinteractive.org/index.php?title=Flexural_Fatigue/, 2008.

Kandhal, P., Lubold, J. C., y Roberts, F. (1989, February 20-22.). Water Damage to Asphalt Overlays: Case Histories. Paper presented at the Annual Meeting of the Association of Asphalt Paving Technologists, Nashville, Tennessee, U.S.A.

Kanitpong, K., y Bahia, H. (2008). Evaluation of HMA Moisture Damage in Wisconsin as it Relates to Pavement Performance. International Journal of Pavement Engineering, 9(1), 9-17.

Kassem, E., Masada, E., Lytton, R., y Bulut, R. (2009). Measurements of the Moisture Diffusion Coefficient of Asphalt Mixtures and its Relationship to Mixture Composition. International Journal of Pavement Engineering, 10(6), 389-399.

Kennedy, T. W. Characterization of Asphalt Pavement Materials Using the Indirect Tensile Test. Proceedings, The Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 56, 1977.

Kringos, N., Scarpas, T., Copeland, A., y Youtcheff, J. (2008a). Modelling of Combined Physical–Mechanical Moisture-Induced Damage in Asphaltic Mixes, Part 2: Moisture Susceptibility Parameters. International Journal of Pavement Engineering, 9(2), 129-151.

Kringos, N., Scarpas, T., Kasbergen, C., y Selvadurai, P. (2008b). Modelling of Combined Physical–Mechanical Moisture-Induced Damage in Asphaltic Mixes, Part 1: Governing Processes and Formulations. International Journal of Pavement Engineering, 9(2), 115-128.

Krishnan, J., y Rao, C. (2001). Permeability and Bleeding of Asphalt Concrete Using Mixture Theory. International Journal of Engineering Science, 39, 611-627.

LCPC. Accelerated load testing facility: the fatigue carousel. Obtenida el 20 de agosto de 2009, de http://media.lcpc.fr/ext/pdf/gdsequipements/manege_200709-en.pdf/, 2007.

Lee, S., Mun, S., y Kim, Y. (2011). Fatigue and Rutting Performance of Lime-Modified Hot-Mix Asphalt Mixtures. Construction and Building Materials, 25, 4202-4209.

Liao, M. (2011). Zero Shear Viscosity of Bitumen-Filler Mastics. J. Mater. Civ. Eng., 23, 1672-1680.

Lottman, R., y Johnson, D. (1971). The Moisture Mechanism that Causes Asphalt Stripping in Asphaltic Pavement Mixtures: Univ. of Idaho.

Lu, Q., y Harvey, J. (2006). Field investigation of Factors Associated with Moisture Damage in Asphalt Pavements. Paper presented at the 10th International Conference on Asphalt Pavements (ISAP), Quebec, Canada.

Lu, Q., y Harvey, J. (2006a). Evaluation of Moisture Sensitivity of Hot Mix Asphalt by Flexural Beam Fatigue Tests: Asphalt Concrete, ASCE.

Majildzadeh, K., y Brovold, F. (1968). State of the Art: Effect of Water on Bitumen-Aggregate Mixtures: Highway Res. Board Special Report

Mallick, R., Pelland, R., y Hugo, F. (2005). Use of Accelerated Loading Equipment for Determination of Long Term Moisture Susceptibility of Hot Mix Asphalt. International Journal of Pavement Engineering, 6(2), 125-136.

Mehrara, A., y Khodaii, A. (2013). A Review of State of the Art on Stripping Phenomenon in Asphalt Concrete. Construction and Building Materials, 38, 423-442.

Mohamed, E. H. (1993). Debonding Location in Asphalt Concrete Associated with Moisture Damage. Journal of Materials in Civil Engineering, 5(4), 497-509.

Mohammad, J., Khattak, A., y Kyatham, V. (2008). Mechanistic Characteristics of Moisture Damaged Asphalt Matrix and Hot Mix Asphalt Mixtures. Airfield and Highway Pavements 2008, ASCE, 134-146.

National Highway Institute. (1997). SUPERPAVE for Generalist Engineer and Project Staff.

Nejad, F., Azarhoosh, A., Hamedi, G., y Azarhoosh, M. (2012). Influence of Using Nonmaterial to Reduce the Moisture Susceptibility of Hot Mix Asphalt. Construction and Building Materials, 31, 384–388.

Oscarsson, E. (2012). ZSV in Asphalt Concrete Using Shear Frequency Sweep Testing. J. Mater. Civ. Eng., 24, 1305-1309.

Peterson, J. (1982). Chemistry of Asphalt--Aggregate Interactions Relationship with Pavement Moisture Damage Test. Washington, D.C., U.S.A.: National Research Council.

Reyes, F.A. Diseño Racional de Pavimentos. 1ra. Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C., Colombia, 2003.

Rondón, H. A. y Reyes, F. A. Ahuellamiento y fatiga en mezclas asfálticas. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia, 2012.

Rondón, H. A. y Reyes, F. A. Pavimentos Flexibles. Editorial Académica Española, Madrid, España, 2011.

Rondón, H. A., Fernández, W. D., Noguera, J. A. Influencia de la Rigidez de la Subrasante y las Capas Granulares sobre la Vida a Fatiga de Mezclas Asfálticas. Revista TecnoLógicas, No. 31, 1-21, 2013.

Said, F. H. (2011). Prediction of flow rutting in asphalt concrete layers. International Journal of Pavement Engineering, 12(6), 519–532.

Sengoz, B., y Agar, E. (2007). Effect of Asphalt Film Thickness on the Moisture Sensitivity Characteristics of Hot-Mix Asphalt. Building and Environment, 42, 3621-3628.

Shell Colombia S.A. (2013a). Bitumen 60-70. Mosquera-Colombia.

Shell Colombia S.A. (2013b). Mexphalte AM. Mosquera-Colombia.

Shenoy, A. V. (2001). Determination of the Temperature for Mixing Aggregates with Polymer-Modified Asphalt. International Journal of Pavement Engineering, 2(1).

Shuler, T. D., Hanson, D., y McKeen, R. (1992). Polymer Modified Asphalt Binders: ASTM STP 1108.

Stuart, K. D. (1986). Evaluation of Procedure Used to Predict Moisture Damage in Asphalt Mixtures: Federal Highway Administration.

Tang, Y. (2006). Field Testing of the Zero-Shear Viscosity Method.

Tarefder, R., Zaman, M., y Hobson, K. (2003). A Laboratory and Statistical Evaluation of Factors Affecting Rutting. International Journal of Pavement Engineering, 4(1), 59-68.

Terrel, R. L. (1989). Using Additives and Modifiers in Hot Mix Asphalt: National Asphalt Pavement Association.

West, R. C. (2010). Mixing and Compaction Temperatures of Asphalt Binders in Hot-Mix Asphalt: NCHRP Report 648, TRB.

Williams, T., y Miknis, F. (1998). Use of Environmental SEM to Study Asphalt-Water Interactions. Journal of Materials in Civil Engineering, 10(2), 121-124.

Zoorob, S. E. (2012). Assessing Low Shear Viscosity as the New Bitumen Softening Point Test. Construction and Building Materials, 27, 357–367.

9 ANEXOS

El presente informe lleva anexo los siguientes documentos:

- Caracterización de agregados gruesos
- Caracterización de agregados finos
- Caracterización del ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70
- Caracterización del ligante asfáltico Apiay 60-70
- Caracterización del ligante asfáltico modificado tipo V de baja penetración
- Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MD12 con asfalto Barrancabermeja 60-70
- Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MD12 con asfalto Apiay 60-70
- Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MS25 con asfalto Barrancabermeja 60-70
- Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MS25 con asfalto Apiay 60-70
- Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MG20 con asfalto Barrancabermeja 60-70
- Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MG20 con asfalto Apiay 60-70
- Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MAM20 con asfalto modificado tipo V
- Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la subbase granular, para 82 kN y 5 Hz.
- Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la subbase granular, para 130 kN y 5 Hz.
- Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la capa asfáltica, para 82 kN y 5 Hz.
- Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la capa asfáltica, para 130 kN y 5 Hz.
- Fotografías de la reunión de divulgación de los resultados del estudio

ANEXO A. Caracterización de agregados gruesos

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización de agregados gruesos listados a continuación:

- Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5mm (1½") por medio de la máquina de Los Ángeles.
- Evaluación de la resistencia mecánica por el método de 10 % de finos.
- Determinación de la resistencia al desgaste utilizando el equipo Micro-Deval.
- Peso específico y absorción de los agregados gruesos.
- Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio - solidez (5 ciclos).
- Porcentaje de caras fracturadas en los agregados.
- Método para determinar partículas planas, alargadas, o planas y alargadas.
- Análisis granulométrico.

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-03

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS - MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-03/IE-AG1-04

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 218/219-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Fecha de Ensayo: 2013-02-26	Fecha Recepción: 2013-02-14

Referencia		024 Y 025-2	024 Y 025-2
Muestra		Grava de 1" Fuente aluvial Río Coello	Grava de 1" Fuente aluvial Río Coello
Localización		----	------
Tamaño Máximo Nominal		1 1/2"	1 1/2"
Descripción		Grava triturada, gris	Grava triturada, gris
Condición de la muestra		Seca	Seca
Gradación usada		A	A
No de Vueltas		100	500
Masa muestra seca antes del ensayo (g)	P_1	5000	5000
Masa muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre el tamiz No 12 (g)	P_2	4736.9	3627
Pérdida	(g)	263.1	1373
Desgaste	%	5 ± 0.05 *	27 ± 0.24 *
Coeficiente de Uniformidad		0.19	

DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

TAMAÑOS				MASA Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA						
PASA		RETENIDO		A	B	C	D	E	F	G
mm	in	mm	in							
76,1	3	64,0	2 1/2					2500±50		
64,0	2 1/2	50,8	2					2500±50		
50,8	2	38,1	1 1/2					5000±50	5000±50	
38,1	1 1/2	25,4	1	1250±25					5000±25	5000±25
25,4	1	19,0	3/4	1250±25						5000±25
19,0	3/4	12,7	1/2	1250±10	2500±10					
12,7	1/2	9,5	3/8	1250±10	2500±10					
9,5	3/8	6.4	1/4			2500±10				
6.4	1/4	4.8	No 4			2500±10				
4,8	No 4	2,4	No 8				5000±10			
PESO TOTAL (g)				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±100	10000±75	10000±50
NÚMERO DE ESFERAS				12	11	8	6	12	12	12
NÚMERO DE VUELTAS				500	500	500	500	1000	1000	1000

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AG1-03

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025/2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS - MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-03/IE-AG1-04

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 218/219-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Fecha de Ensayo: 2013-02-26	Fecha Recepción: 2013-02-14

Referencia		024 Y 025-3	024 Y 025-3
Muestra		Grava de 3/4" Fuente peña Ts Melgar	Grava de 3/4" Fuente peña Ts Melgar
Localización		----	------
Tamaño Máximo Nominal		3/4"	3/4"
Descripción		Grava triturada, gris	Grava triturada, gris
Condición de la muestra		Seca	Seca
Gradación usada		B	B
No de Vueltas		100	500
Masa muestra seca antes del ensayo (g)	P_1	5000.4	5000.4
Masa muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre el tamiz No 12 (g)	P_2	4666.7	3602.4
Pérdida (g)		333.7	1398
Desgaste %		7 ± 0.06 *	28 ± 0.25 *
Coeficiente de Uniformidad		0.24	

DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

TAMAÑOS				MASA Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA						
PASA		RETENIDO		A	B	C	D	E	F	G
mm	in	mm	in							
76,1	3	64,0	2 1/2					2500±50		
64,0	2 1/2	50,8	2					2500±50		
50,8	2	38,1	1 1/2					5000±50	5000±50	
38,1	1 1/2	25,4	1	1250±25					5000±25	5000±25
25,4	1	19,0	3/4	1250±25						5000±25
19,0	3/4	12,7	1/2	1250±10	2500±10					
12,7	1/2	9,5	3/8	1250±10	2500±10					
9,5	3/8	6.4	1/4			2500±10				
6.4	1/4	4.8	No 4			2500±10				
4,8	No 4	2,4	No 8				5000±10			
PESO TOTAL (g)				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±100	10000±75	10000±50
NÚMERO DE ESFERAS				12	11	8	6	12	12	12
NÚMERO DE VUELTAS				500	500	500	500	1000	1000	1000

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-03

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS - MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-03/IE-AG1-04

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 218/219-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Fecha de Ensayo: 2013-02-26	Fecha Recepción: 2013-02-14

Referencia		024 Y 025-4	024 Y 025-4
Muestra		Grava de 1/2" Fuente aluvial Río Coello	Grava de 1/2" Fuente aluvial Río Coello
Localización		----	------
Tamaño Máximo Nominal		3/4"	3/4"
Descripción		Grava triturada, gris	Grava triturada, gris
Condición de la muestra		Seca	Seca
Gradación usada		B	B
No de Vueltas		100	500
Masa muestra seca antes del ensayo (g)	P_1	5000.8	5000.8
Masa muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre el tamiz No 12 (g)	P_2	4705.8	3644.2
Pérdida (g)		295	1356.6
Desgaste %		6 ± 0.05 *	27 ± 0.24 *
Coeficiente de Uniformidad		0.22	

DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

TAMAÑOS				MASA Y GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA						
PASA		RETENIDO		A	B	C	D	E	F	G
mm	in	mm	in							
76,1	3	64,0	2 1/2					2500±50		
64,0	2 1/2	50,8	2					2500±50		
50,8	2	38,1	1 1/2					5000±50	5000±50	
38,1	1 1/2	25,4	1	1250±25					5000±25	5000±25
25,4	1	19,0	3/4	1250±25						5000±25
19,0	3/4	12,7	1/2	1250±10	2500±10					
12,7	1/2	9,5	3/8	1250±10	2500±10					
9,5	3/8	6.4	1/4			2500±10				
6.4	1/4	4.8	No 4			2500±10				
4,8	No 4	2,4	No 8				5000±10			
PESO TOTAL (g)				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±100	10000±75	10000±50
NÚMERO DE ESFERAS				12	11	8	6	12	12	12
NÚMERO DE VUELTAS				500	500	500	500	1000	1000	1000

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-16

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69/99 Fax: Ext. 5373

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS POR EL MÉTODO DE 10% DE FINOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 224-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P 025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Fecha de Ensayo: 2013-02-28	**Fecha Recepción:** 2013-02-14

I. DATOS DEL ENSAYO

Referencia		024 Y 025-2	024 Y 025-2
Fecha de ensayo		2013-02-28	2013-03-01
Muestra		Grava de 1" Fuente aluvial Río Coello	Grava de 1" Fuente aluvial Río Coello
Localización:		----	----
Condición de la muestra		Seca	Húmeda
Descripción		Grava triturada, gris	Grava triturada, gris
Naturaleza del material		Agregados constituidos de partículas angulares.	Agregados constituidos de partículas angulares.
Peso del agregado, que contiene el recipiente cilíndrico (m_a)	(g)	2646.2	2682.4
Peso del material retenido en No. 8 (m_r).	(g)	2438.2	2409.8
Porcentaje de finos producidos f_1 por la acción de la carga	(%)	7.9	10.2
Carga aplicada necesaria para generar la penetración seleccionada (x_1)	(kN)	160	182
Carga necesaria para producir un 10% de finos en el agregado ensayado (C_{10})	(kN)	189 ± 23 *	180 ± 22 *
Relación Húmedo/Seco	(%)	95.6	± 11.4 *

II. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Tabla 1. Penetración del pistón de carga de acuerdo a la naturaleza de la muestra

Naturaleza del material	Penetración
Agregados constituidos de partículas redondeadas o sub-redondeadas.	15 mm
Agregados constituidos de partículas angulares.	20 mm
Agregados ligeros, que presenten vacíos en su interior.	24 mm

Ecuación (1) $$f_1 = \frac{(m_a - m_r)}{m_a}$$

Ecuación (2) $$C_{10} = \frac{14\, x_1}{(f_1\% + 4)}$$

OBSERVACIONES:

*El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-16

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69/99 Fax: Ext. 5373

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS POR EL MÉTODO DE 10% DE FINOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 224-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P 025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Fecha de Ensayo: 2013-02-28	**Fecha Recepción:** 2013-02-14

I. DATOS DEL ENSAYO

Referencia		024 Y 025-3	024 Y 025-3
Fecha de ensayo		2013-02-28	2013-03-01
Muestra		Grava de 3/4" Fuente peña Ts Melgar	Grava de 3/4" Fuente peña Ts Melgar
Localización:		----	----
Condición de la muestra		Seca	Húmeda
Descripción		Grava triturada, gris	Grava triturada, gris
Naturaleza del material		Agregados constituidos de partículas angulares.	Agregados constituidos de partículas angulares.
Peso del agregado, que contiene el recipiente cilíndrico (m_a)	(g)	2611.6	2643.1
Peso del material retenido en No. 8 (m_r).	(g)	2369.8	2341.2
Porcentaje de finos producidos f_1 por la acción de la carga	(%)	9.3	11.4
Carga aplicada necesaria para generar la penetración seleccionada (x_1)	(kN)	154	135
Carga necesaria para producir un 10% de finos en el agregado ensayado (C_{10})	(kN)	163 ± 19 *	123 ± 15 *
Relación Húmedo/Seco	(%)	75.6	± 9.0 *

II. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Tabla 1. Penetración del pistón de carga de acuerdo a la naturaleza de la muestra

Naturaleza del material	Penetración
Agregados constituidos de partículas redondeadas o sub-redondeadas.	15 mm
Agregados constituidos de partículas angulares.	20 mm
Agregados ligeros, que presenten vacíos en su interior.	24 mm

Ecuación (1) $$f_1 = \frac{(m_a - m_r)}{m_a}$$

Ecuación (2) $$C_{10} = \frac{14\, x_1}{(f_1\% + 4)}$$

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-16

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69/99 Fax: Ext. 5373

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS POR EL MÉTODO DE 10% DE FINOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 224-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P 025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Fecha de Ensayo: 2013-02-28	**Fecha Recepción:** 2013-02-14

I. DATOS DEL ENSAYO

Referencia		024 Y 025-4	024 Y 025-4
Fecha de ensayo		2013-02-28	2013-03-01
Muestra		Grava de 1/2" Fuente aluvial Río Coello	Grava de 1/2" Fuente aluvial Río Coello
Localización:		----	----
Condición de la muestra		Seca	Húmeda
Descripción		Grava triturada, gris	Grava triturada, gris
Naturaleza del material		Agregados constituidos de partículas angulares.	Agregados constituidos de partículas angulares.
Peso del agregado, que contiene el recipiente cilíndrico (m_a)	(g)	2684.0	2692.5
Peso del material retenido en No. 8 (m_r).	(g)	2403.7	2408.0
Porcentaje de finos producidos f_1 por la acción de la carga	(%)	10.4	10.6
Carga aplicada necesaria para generar la penetración seleccionada (x_1)	(kN)	175	161
Carga necesaria para producir un 10% de finos en el agregado ensayado (C_{10})	(kN)	169 ± 20 *	155 ± 18 *
Relación Húmedo/Seco	(%)	91.3	± 10.9 *

II. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Tabla 1. Penetración del pistón de carga de acuerdo a la naturaleza de la muestra

Naturaleza del material	Penetración
Agregados constituidos de partículas redondeadas o sub-redondeadas.	15 mm
Agregados constituidos de partículas angulares.	20 mm
Agregados ligeros, que presenten vacíos en su interior.	24 mm

Ecuación (1) $$f_1 = \frac{(m_a - m_r)}{m_a}$$

Ecuación (2) $$C_{10} = \frac{14\, x_1}{(f_1\% + 4)}$$

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-15

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
96-LAB-005

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel. (57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax. Ext. 5373

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO AL DESGASTE POR ABRASIÓN UTILIZANDO EL APARATO MICRO-DEVAL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: INFORME DE ENSAYO PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 238-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Fecha de Ensayo: 2013-02-25	**Fecha Recepción:** 2013-02-14

I. DATOS DEL ENSAYO

Referencia		024 Y 025-2	
Muestra		Grava de 1" Fuente aluvial Río Coello	
Condición de la muestra		Seca	
Descripción		Grava triturada, gris	
Tamaño Máximo		1"	
Gradación usada		1	
Peso muestra inicial	(g)	1501.5	
Peso muestra final	(g)	1322.5	
Pérdida	(g)	179.0	
Porcentaje de perdida	%	**11.9** ± **0.651** *	± *
Especificación		---	---

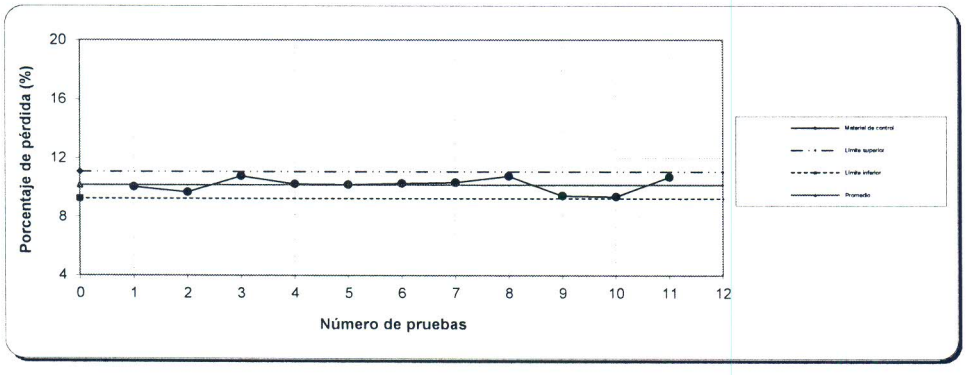
II. DATOS SOBRE PREPARACION DE LA MUESTRA DE ENSAYO.

Gradación	Material	Pasante tamiz		Retenido Tamiz		Masa	Tiempo de rotación	Número de revoluciones
		(mm)	(pulgadas)	(mm)	(pulgadas)	(g)	(minutos)	
1	Muestra de 19 mm seca al horno.	19.1	3/4	16	5/8	375	120 ± 1	12000 ± 100
		16.0	5/8	12.5	1/2	375		
		12.0	1/2	9.5	3/8	750		
2	Muestra de TMN* menor 16 mm seca al horno.	12.5	1/2	9.5	3/8	750	105 ± 1	10500 ± 100
		9.5	3/8	6.3	1/4	375		
		6.3	1/4	4.75	No 4	375		
3	Muestra de TMN menor 12,5 mm seca al horno.	9.5	3/8	6.3	1/4	750	95 ± 1	9500 ± 100
		6.3	1/4	4.75	No 4	750		

** TMN: Tamaño máximo nominal del agregado grueso*

III. DATOS MATERIAL DE CONTROL

Porcentaje de pérdida promedio (%)	10.2
Fecha último ensayo	2012-08-03



OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-15

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO AL DESGASTE POR ABRASIÓN UTILIZANDO EL APARATO MICRO-DEVAL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: INFORME DE ENSAYO PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 238-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Fecha de Ensayo: 2013-02-25	**Fecha Recepción:** 2013-02-14

I. DATOS DEL ENSAYO

Referencia		024 Y 025-3	
Muestra		Grava de 3/4" Fuente peña Ts Melgar	
Condición de la muestra		Seca	
Descripción		Grava triturada, gris	
Tamaño Máximo		3/4"	
Gradación usada		1	
Peso muestra inicial	(g)	1500.1	
Peso muestra final	(g)	1312.7	
Pérdida	(g)	187.4	
Porcentaje de perdida	%	**12.5** ± **0.682** *	± *
Especificación		---	---

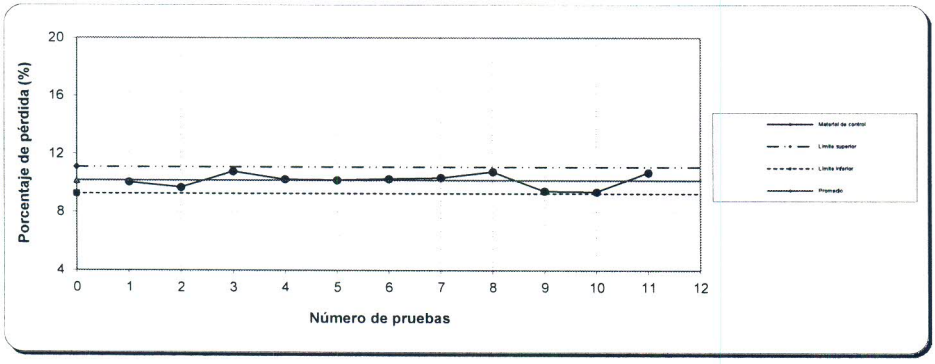
II. DATOS SOBRE PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO.

Gradación	Material	Pasante tamiz		Retenido Tamiz		Masa	Tiempo de rotación	Número de revoluciones
		(mm)	(pulgadas)	(mm)	(pulgadas)	(g)	(minutos)	
1	Muestra de 19 mm seca al horno.	19.1	3/4	16	5/8	375	120 ± 1	12000 ± 100
		16.0	5/8	12.5	1/2	375		
		12.0	1/2	9.5	3/8	750		
2	Muestra de TMN* menor 16 mm seca al horno.	12.5	1/2	9.5	3/8	750	105 ± 1	10500 ± 100
		9.5	3/8	6.3	1/4	375		
		6.3	1/4	4.75	No 4	375		
3	Muestra de TMN menor 12,5 mm seca al horno.	9.5	3/8	6.3	1/4	750	95 ± 1	9500 ± 100
		6.3	1/4	4.75	No 4	750		

** TMN: Tamaño máximo nominal del agregado grueso*

III. DATOS MATERIAL DE CONTROL

Porcentaje de pérdida promedio (%)	10.2
Fecha último ensayo	2012-08-03



OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OCEBA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ Daniel MR
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-15

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
04-LAB-002

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO AL DESGASTE POR ABRASIÓN UTILIZANDO EL APARATO MICRO-DEVAL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: INFORME DE ENSAYO PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 238-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Fecha de Ensayo: 2013-02-27	**Fecha Recepción:** 2013-02-14

I. DATOS DEL ENSAYO

Referencia		024 Y 025-4	
Muestra		Grava de 1/2" Fuente aluvial Río Coello	
Condición de la muestra		Seca	
Descripción		Grava triturada, gris	
Tamaño Máximo		1/2"	
Gradación usada		2	
Peso muestra inicial	(g)	1500.1	
Peso muestra final	(g)	1305.9	
Pérdida	(g)	194.2	
Porcentaje de perdida	%	**12.9** ± **0.707** *	± *
Especificación		---	---

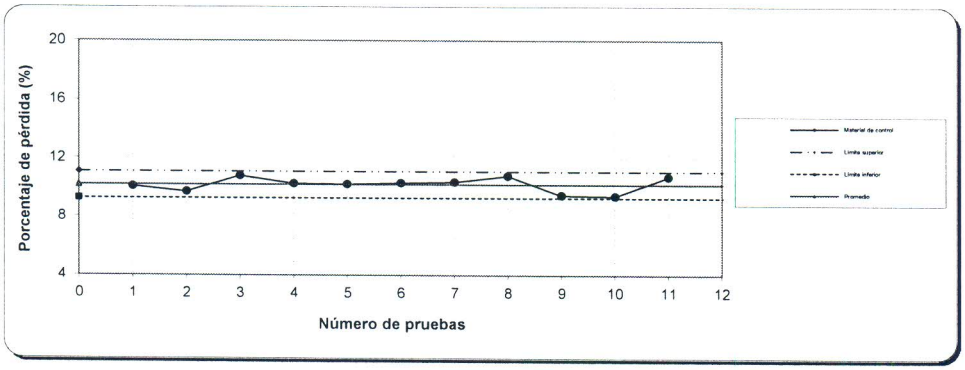
II. DATOS SOBRE PREPARACION DE LA MUESTRA DE ENSAYO.

Gradación	Material	Pasante tamiz (mm)	Pasante tamiz (pulgadas)	Retenido Tamiz (mm)	Retenido Tamiz (pulgadas)	Masa (g)	Tiempo de rotación (minutos)	Número de revoluciones
1	Muestra de 19 mm seca al horno.	19.1	3/4	16	5/8	375	120 ± 1	12000 ± 100
		16.0	5/8	12.5	1/2	375		
		12.0	1/2	9.5	3/8	750		
2	Muestra de TMN* menor 16 mm seca al horno.	12.5	1/2	9.5	3/8	750	105 ± 1	10500 ± 100
		9.5	3/8	6.3	1/4	375		
		6.3	1/4	4.75	No 4	375		
3	Muestra de TMN menor 12,5 mm seca al horno.	9.5	3/8	6.3	1/4	750	95 ± 1	9500 ± 100
		6.3	1/4	4.75	No 4	750		

** TMN: Tamaño máximo nominal del agregado grueso*

III. DATOS MATERIAL DE CONTROL

Porcentaje de pérdida promedio (%)	10.2
Fecha último ensayo	2012-08-03



OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AG1-01 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 223-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13 **PROYECTO:** IDU 038-039

Referencia: 024 Y 025-2
Localización: -----
Descripción: Grava triturada, gris

Muestra: Grava de 1" Fuente aluvial Río Coello
Fecha de Ensayo: 2013-02-28
Fecha de Recepción: 2013-02-14

FRACCIÓN No 1: 1" - Nº4

Prueba No		1	--	--
Peso en el aire muesta seca	(A) (g)	7892.3	--	--
Peso en el aire S.S.S.	(B) (g)	8027.2	--	--
Peso sumergida en Agua de la muestra saturada	(C) (g)	4882.8	--	--
Gravedad específica bulk, Gsb		2.51 ± 0.01 *	-- ± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica bulk S.S.S., Gsb_{sss}		2.55 ± 0.01 *	± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica aparente, Gsa		2.62 ± 0.01 *	-- ± -- *	-- ± -- *
% Absorción		1.7 ± 0.21 *	-- ± -- *	-- ± -- *
Temperatura Ambiente	Tx (ºC)	23	--	--

FRACCIÓN No 2: ---

Prueba No		--	--	--
Peso en el aire muesta seca	(A) (g)	--	--	--
Peso en el aire S.S.S.	(B) (g)	--	--	--
Peso sumergida en Agua de la muestra saturada	(C) (g)	--	--	--
Gravedad específica bulk, Gsb		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica bulk S.S.S., Gsb_{sss}		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica aparente, Gsa		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
% Absorción		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
Temperatura Ambiente	Tx (ºC)	--	--	--

Gravedad específica verdadera bulk , Gprb	---	---	---
Gravedad específica verdadera bulk S.S.S., $Gprb_{sss}$	---	---	---
Gravedad específica verdadera aparente, Gpra	---	---	---
% Absorción de la muestra total	---	---	---

$$G_{sb} = \frac{A}{B - C} \qquad G_{sb\,sss} = \frac{B}{B - C} \qquad G_{sa} = \frac{A}{A - C} \qquad abs(\%) = \frac{B - A}{A}$$

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA CUEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

5/7

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AG1-01 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 223-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13 **PROYECTO:** IDU 038-039

Referencia: 024 Y 025-3
Localización: -----
Descripción: Grava triturada, gris

Muestra: Grava de 3/4" Fuente peña planta Ts Melgar
Fecha de Ensayo: 2013-02-28
Fecha de Recepción: 2013-02-14

FRACCIÓN No 1: 3/4" - N°4

Prueba No		1	--	--
Peso en el aire muesta seca	(A) (g)	7028.8	--	--
Peso en el aire S.S.S.	(B) (g)	7164.5	--	--
Peso sumergida en Agua de la muestra saturada	(C) (g)	4388.7	--	--
Gravedad específica bulk, Gsb		2.53 ± 0.01 *	-- ± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica bulk S.S.S., Gsb_{sss}		2.58 ± 0.01 *	± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica aparente, Gsa		2.66 ± 0.01 *	-- ± -- *	-- ± -- *
% Absorción		1.9 ± 0.24 *	-- ± -- *	-- ± -- *
Temperatura Ambiente	Tx (°C)	23	--	--

FRACCIÓN No 2: ---

Prueba No		--	--	--
Peso en el aire muesta seca	(A) (g)	--	--	--
Peso en el aire S.S.S.	(B) (g)	--	--	--
Peso sumergida en Agua de la muestra saturada	(C) (g)	--	--	--
Gravedad específica bulk, Gsb		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica bulk S.S.S., Gsb_{sss}		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica aparente, Gsa		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
% Absorción		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
Temperatura Ambiente	Tx (°C)	--	--	--

Gravedad específica verdadera bulk , Gprb	---	---	---
Gravedad específica verdadera bulk S.S.S., $Gprb_{sss}$	---	---	---
Gravedad específica verdadera aparente, Gpra	---	---	---
% Absorción de la muestra total	---	---	---

$$G_{sb} = \frac{A}{B - C} \qquad G_{sb_{sss}} = \frac{B}{B - C} \qquad G_{sa} = \frac{A}{A - C} \qquad abs(\%) = \frac{B - A}{A}$$

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-01

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AG1-01 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 223-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13 **PROYECTO:** IDU 038-039

Referencia: 024 Y 025-4
Localización: -----
Descripción: Grava triturada, gris

Muestra: Grava de 1/2" Fuente aluvial Río Coello
Fecha de Ensayo: 2013-02-28
Fecha de Recepción: 2013-02-14

FRACCIÓN No 1: 1/2" - N°4

Prueba No		1	--	--
Peso en el aire muesta seca	(A) (g)	3475.3	--	--
Peso en el aire S.S.S.	(B) (g)	3577.6	--	--
Peso sumergida en Agua de la muestra saturada	(C) (g)	2171.1	--	--
Gravedad específica bulk, Gsb		2.47 ± 0.01 *	-- ± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica bulk S.S.S., Gsb_{sss}		2.54 ± 0.01 *	± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica aparente, Gsa		2.66 ± 0.01 *	-- ± -- *	-- ± -- *
% Absorción		2.9 ± 0.36 *	-- ± -- *	-- ± -- *
Temperatura Ambiente	Tx (°C)	23	--	--

FRACCIÓN No 2: ---

Prueba No		--	--	--
Peso en el aire muesta seca	(A) (g)	--	--	--
Peso en el aire S.S.S.	(B) (g)	--	--	--
Peso sumergida en Agua de la muestra saturada	(C) (g)	--	--	--
Gravedad específica bulk, Gsb		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica bulk S.S.S., Gsb_{sss}		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
Gravedad específica aparente, Gsa		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
% Absorción		-- ± -- *	-- ± -- *	-- ± -- *
Temperatura Ambiente	Tx (°C)	--	--	--

Gravedad específica verdadera bulk , Gprb	---	---	---
Gravedad específica verdadera bulk S.S.S., $Gprb_{sss}$	---	---	---
Gravedad específica verdadera aparente, Gpra	---	---	---
% Absorción de la muestra total	---	---	---

$$G_{sb} = \frac{A}{B - C} \qquad G_{sb\,sss} = \frac{B}{B - C} \qquad G_{sa} = \frac{A}{A - C} \qquad abs(\%) = \frac{B - A}{A}$$

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOJANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

7/7

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-08

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO (AGREGADO GRUESO)

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-09 — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 220-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025 -13 (11) | **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024 Y P025_2_3_4
Localización: -----
Descripción: Grava triturada gris

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar)
Fecha Recepción: 2013-04-11
Fecha de Ensayo: 2013-05-02

Solución Utilizada: Sulfato de Sodio — No de Ciclos: 5

I. ANÁLISIS CUANTITATIVO

Fracción		Gradación	Peso inicial	No de partículas	Peso final	Pérdida de la fracción	Pérdida corregida	No de partículas
Pasa (pulg.)	Ret. (pulg.)	%	(g)	Inicial	(g)	(%)	(%)	Final
2 1/2	2							
2	1 1/2							
1 1/2	1							
1	3/4							
3/4	1/2	29,0	675,1	283,0	1006,2	0,00	0,0	283
1/2	3/8	20,0	331,1					
3/8	No 4	51,0	300,5	481,0	300,0	0,17	0,1	481
Nº 4	Nº 200	----	---	---	--	---	---	---
TOTALES		100,0	1306,7	764,0	1306,2	0,17	**0** ± 5,3E-03 *	

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP / DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/10

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-08

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO (AGREGADO GRUESO)

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-09

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 220-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025 -13 (11) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024 Y P025_2_3_4
Localización: -----
Descripción: Grava triturada gris

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar)
Fecha Recepción: 2013-04-11
Fecha de Ensayo: 2013-05-02

Solución Utilizada: Sulfato de Sodio

No de Ciclos: 5

II. ANÁLISIS CUALITATIVO

CICLO	FRACCIÓN (pulg.)	No PARTICULAS INICIAL	NÚMERO DE PARTICULAS DESPUÉS DEL ENSAYO											
			BUEN ESTADO		ESCAMOSAS		AGRIETADAS		PARTIDAS		FORMACIÓN DE LAJAS		DESINTEGRADAS	
			No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
5	2 1/2" - 1 1/2"	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1 1/2" - 3/4"	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3/4" - 3/8"	283	281	99	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
	3/8" - No 4	481	480	99,8	-	-	1	0	-	-	-	-	-	-

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ Daniel MR
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/10

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69/99 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-07

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 227-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13(11) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024 Y P025_2_3_4

Descripción: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar)

Fecha Recepción: 11/04/2013

Fecha de Ensayo: 2013-04-30

Masa total de la muestra de material grueso evaluada (g) : 1561

No de caras fracturadas especificado: ----

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	(g)	(g)	%
1	3/8	835,0	772,5	40,1	22,7	94,9
3/8	No 4	715,4	707,4	13,5	4,5	98,4

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS (%) = **97** ± 2,418 *

A Masa total de la fracción (g)

B Masa o número de particulas fracturadas con al menos el Nº de caras fracturadas especificado (g)

C Masa o número de particulas fracturadas dudosas (g)

D Masa o número de particulas no fracturadas (g)

E Porcentaje de caras fracturadas por fracción

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

9/10

PARTÍCULAS PLANAS, ALARGADAS O PLANAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS GRUESOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-17 — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO INV E 240-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 Y P025 - 13(11)	PROYECTO:	IDU 038 Y 039

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar)
Descripción: Grava gris triturada.

Referencia: P024 Y P025 -5_6_7
Fecha Recepción: 2013-04-11
Fecha de Ensayo: 2013-04-30

I. GRADACIÓN MUESTRA ORIGINAL Y FRACCIÓN SELECCIONADA

Pasa - Retiene		% retenido granulometría original	Fracción seleccionada	
(pg)	(mm)		Peso de la fracción (g)	Número de partículas
2" - 1½"	50.8 - 38.1	0	0	0
1½" - 1"	38.1 - 25.4	0	0	0
1" - 3/4"	25.4 - 19.1	0	0	0
3/4" - 1/2"	19.1 - 12.5	12,5	804,6	46
1/2" - 3/8"	12.5 - 9.5	8,5	493,8	243
3/8" - No. 4	9.5 - 4.75	22	1350,3	2240

RELACIÓN DE DIMENSIONES 1:5

II. PORCENTAJE DE PARTICULAS PLANAS, ALARGADAS Y PLANAS Y ALARGADAS DE LA FRACCIÓN SELECCIONADA

Pasa - Retiene		Tipo de partículas					
		Planas		Alargadas		Planas y alargadas	
(pg)	(mm)	% en peso	% en nùmero	% en peso	% en nùmero	% en peso	% en nùmero
2" - 1½"	50.8 - 38.1	---	---	---	---	---	---
1½" - 1"	38.1 - 25.4	---	---	---	---	---	---
1" - 3/4"	25.4 - 19.1	--	---	---	---	---	---
3/4" - 1/2"	19.1 - 12.5	0%	0%	0%	0%	2%	4%
1/2" - 3/8"	12.5 - 9.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3/8" - No. 4	9.5 - 4.75	0%	0%	0%	0%	1%	1%

III. PROMEDIO PONDERADO EN PESO DE PARTICULAS PLANAS, ALARGADAS Y PLANAS Y ALARGADAS DE LA MUESTRA ORIGINAL

	Planas	Alargadas	Planas y alargadas
PROMEDIO PONDERADO (%)	0,0% ± 0,00%*	0,0% ± 0,00%*	0,8% ± 0,39%*

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

10/10

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-05

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO Y FINO

INFORME DE ENSAYO

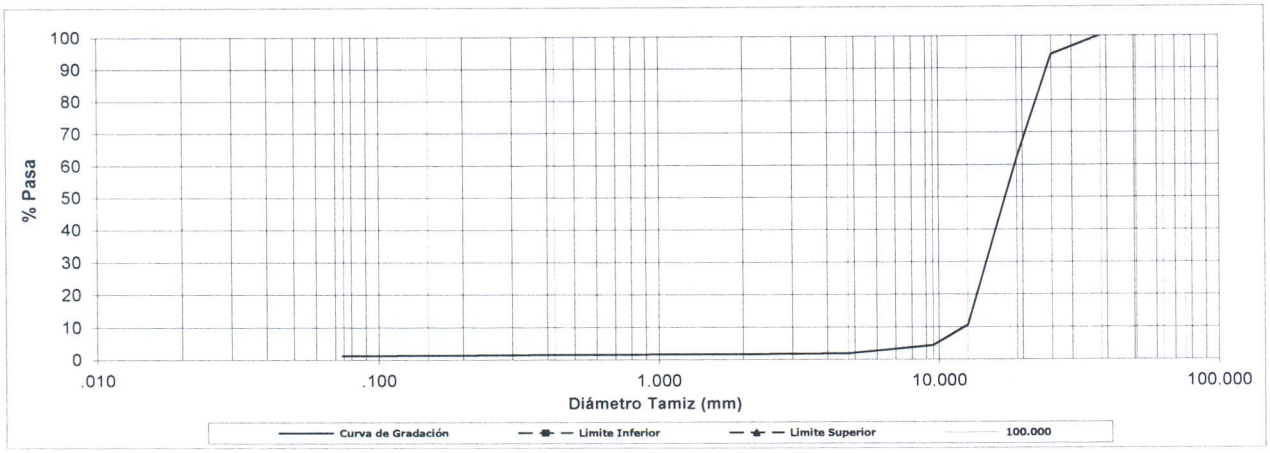
INSTRUCTIVO DE ENSAYO No.: IE-AG1-06 — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 213-07

CÓDIGO ORDEN: P024 y P025 -13 (6) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: 024 y 025 - 2
Localización: -----
Descripción: Grava gris.

Muestra: Grava 1", Fuente Aluvial Rio Coello
Fecha Recepción: 2012-03-18
Fecha de Ensayo: 2013-04-02

ABER. DEL TAMIZ (mm)	ABER. DEL TAMIZ (pulg)	Peso RET. (g)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) PASA	ESPECIFICACIÓN Límite superior	ESPECIFICACIÓN Límite inferior
37.50	1½"	0.0	0.0	0.0	100.0 ± 0.0 *		
25.40	1"	734.4	5.8	5.8	94.2 ± 0.0 *		
19.000	3/4"	4139.6	32.5	38.3	61.7 ± 0.0 *		
12.700	1/2"	6507.5	51.1	89.3	10.7 ± 0.0 *		
9.530	3/8"	806.1	6.3	95.7	4.3 ± 0.0 *		
4.750	N°4	307.5	2.4	98.1	1.9 ± 0.0 *		
2.000	N°10	28.6	0.2	98.3	1.7 ± 0.0 *		
0.425	N°40	10.0	0.1	98.4	1.6 ± 0.0 *		
0.180	N°80	19.5	0.2	98.5	1.5 ± 0.1 *		
0.074	N°200	22.3	0.2	98.7	1.3 ± 0.1 *		
fondo		165.1	1.3	100	---		



Peso inicial seco sin lavar: 12740.6 g
Peso seco final lavado 12577.5 g

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OSEDA
CALCULO:TECNOLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: ING DE LABORATORIO

1/6

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-05

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO Y FINO

INFORME DE ENSAYO

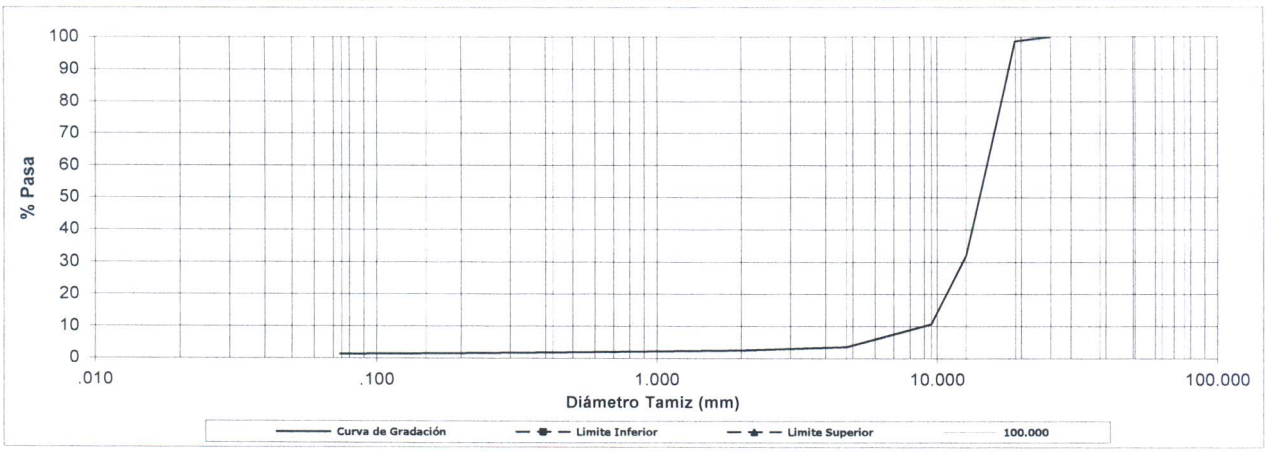
INSTRUCTIVO DE ENSAYO No.: IE-AG1-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 213-07

CÓDIGO ORDEN: P024 y P025 -13 (6) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: 024 y 025 - 3
Localización: ------
Descripción: Grava gris.

Muestra: Grava ¾", Fuente Peña Planta TS Melgar.
Fecha Recepción: 2012-03-18
Fecha de Ensayo: 2013-04-02

ABER. DEL TAMIZ		Peso RET.	(%)	(%)	(%)				ESPECIFICACIÓN	
(mm)	(pulg)	(g)	RETENIDO	RET. ACUM.	PASA				Límite superior	Límite inferior
25.40	1"	0.0	0.0	0.0	100.0	±	0.0	*		
19.000	3/4"	122.2	1.4	1.4	98.6	±	0.0	*		
12.700	1/2"	5613.0	66.5	67.9	32.1	±	0.1	*		
9.530	3/8"	1810.3	21.4	89.3	10.7	±	0.1	*		
4.750	N°4	596.7	7.1	96.4	3.6	±	0.0	*		
2.000	N°10	90.0	1.1	97.5	2.5	±	0.0	*		
0.425	N°40	59.8	0.7	98.2	1.8	±	0.0	*		
0.180	N°80	24.2	0.3	98.5	1.5	±	0.1	*		
0.074	N°200	18.4	0.2	98.7	1.3	±	0.1	*		
fondo		112.2	1.3	100	---					



Peso inicial seco sin lavar: 8446.8 g
Peso seco final lavado 8340.8 g

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULO:TECNOLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: ING DE LABORATORIO

2/6

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-05

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO Y FINO

INFORME DE ENSAYO

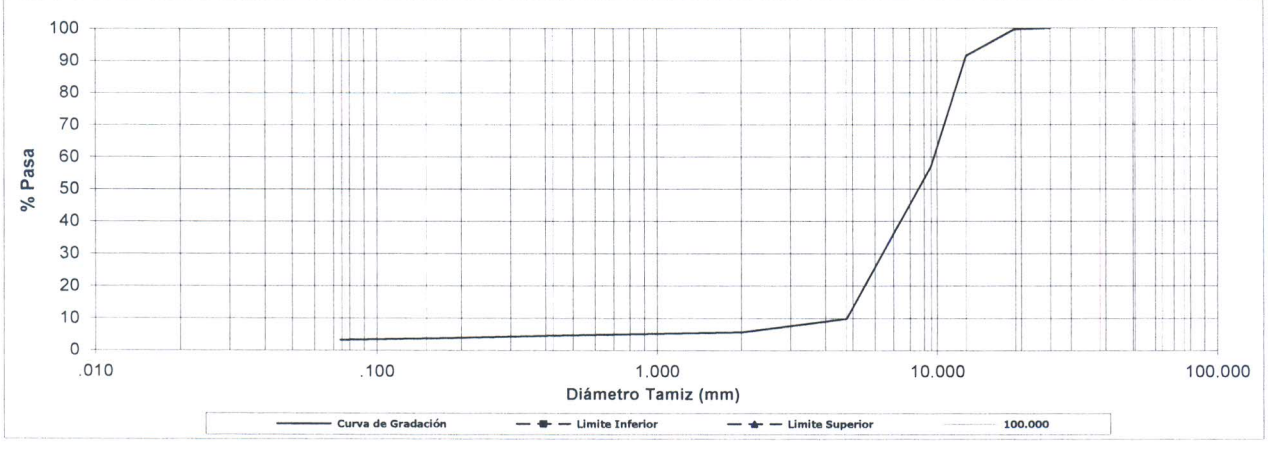
INSTRUCTIVO DE ENSAYO No.: IE-AG1-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 213-07

CÓDIGO ORDEN: P024 y P025 -13 (6) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: 024 y 025 - 4
Localización: -----
Descripción: Grava gris.

Muestra: Grava ½", Fuente Aluvial Río Coello
Fecha Recepción: 2012-03-18
Fecha de Ensayo: 2013-04-02

ABER. DEL TAMIZ (mm)	(pulg)	Peso RET. (g)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) PASA	ESPECIFICACIÓN Límite superior	Límite inferior
25.40	1"	0.0	0.0	0.0	100.0 ± 0.0 *		
19.000	3/4"	12.4	0.3	0.3	99.7 ± 0.0 *		
12.700	1/2"	340.6	8.2	8.5	91.5 ± 0.2 *		
9.530	3/8"	1436.2	34.4	42.9	57.1 ± 0.4 *		
4.750	N°4	1969.5	47.2	90.1	9.9 ± 0.1 *		
2.000	N°10	173.5	4.2	94.3	5.7 ± 0.0 *		
0.425	N°40	44.3	1.1	95.4	4.6 ± 0.1 *		
0.180	N°80	31.7	0.8	96.1	3.9 ± 0.2 *		
0.074	N°200	26.6	0.6	96.8	3.2 ± 0.2 *		
fondo		135.3	3.2	100	---		



Peso inicial seco sin lavar: 4170.1 g
Peso seco final lavado 4039.5 g

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULO: TECNÓLOGO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: ING DE LABORATORIO

3/6

ANEXO B. Caracterización de agregados finos

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización de agregados finos listados a continuación:

- Límite líquido de los suelos, limite plástico e índice de plasticidad.
- Equivalente de arena.
- Peso específico y absorción de los agregados finos.
- Equivalente de arena de los agregados finos correspondientes a la gradación de una mezcla MD12.
- Peso específico y absorción de los agregados finos correspondientes a la gradación de una mezcla MD12.
- Determinación del contenido aproximado de materia orgánica.
- Sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio - solidez (5 ciclos).
- Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenante mineral.
- Determinación del contenido de vacíos en agregados finos no compactados.
- Análisis granulométrico.

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO GT1-03

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÌA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext 5373/99/69/68 Fax: Ext 5373

LIMITES DE CONSISTENCIA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-GT1-03 / IE-GT1-04 / IE-GT1-05

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E122-07 / INV E 125-07 / INV E 126-07

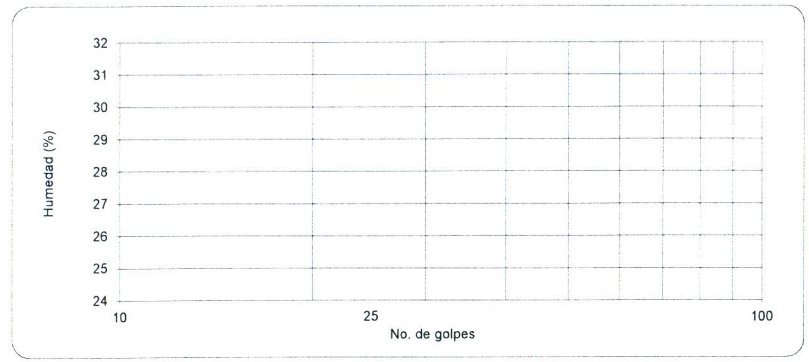
CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13	PROYECTO: IDU 038-039

Muestra: Arena triturada, Fuente aluvial Río Coello
Descripción: Visual: Arena con grava, gris
Profundidad: ---

Referencia: 024 Y 025-5
Fecha Recepción: 2013-02-14
Fecha de Ensayo: 2013-02-28

1. LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes	----	----	----
Vidrio No	----	----	----
$W_{rmh,}$ (g)	----	----	----
$W_{rms,}$ (g)	----	----	----
$W_{rl,}$ (g)	----	----	----
Humedad, w (%)	**NL**	**NL**	**NL**



2. LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL(Wn)

Ensayo No.	1	2	Wn
Vidrio No	----	----	----
$W_{rmh,}$ (g)	----	----	----
$W_{rms,}$ (g)	----	----	----
$W_{rl,}$ (g)	----	----	----
Humedad (%)	**NP**	**NP**	----

3. RESUMEN DE RESULTADOS DEL ENSAYO

Límite Líquido : NL % ± --- *
Límite Plástico : NP % ± --- *
Índice Plasticidad : NP % ± --- *
Humedad Natural ---- % ± ---- *

Gravas: ---- %
Arenas: ---- %
Finos: ---- %
USC : ----
Índice de Grupo : ----
AASHTO : ----

OBSERVACIONES

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

pp/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

31/2

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO GT1-03

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÌA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext 5373/99/69/68 Fax: Ext 5373

LIMITES DE CONSISTENCIA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-GT1-03 / IE-GT1-04 / IE-GT1-05

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E122-07 / INV E 125-07 / INV E 126-07

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13

PROYECTO: IDU 038-039

Muestra: Arena natural, Fuente aluvial Río Coello

Descripción: Visual: Arena con grava, gris

Profundidad: ---

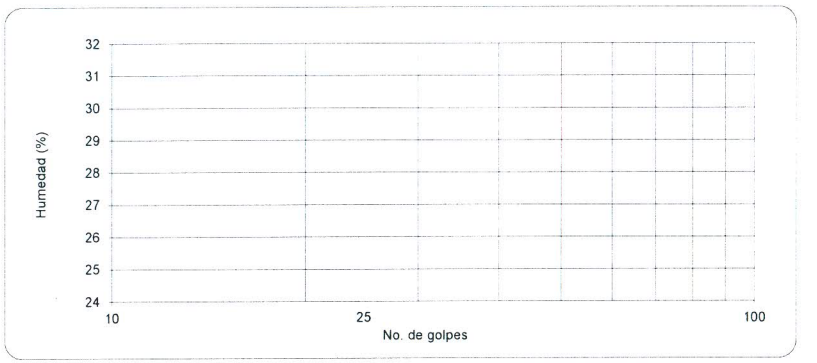
Referencia: 024 Y 025-6

Fecha Recepción: 2013-02-14

Fecha de Ensayo: 2013-02-28

1. LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes	----	----	----
Vidrio No	----	----	----
$W_{rmh,}$ (g)	----	----	----
$W_{rms,}$ (g)	----	----	----
$W_{rl,}$ (g)	----	----	----
Humedad, w (%)	**NL**	**NL**	**NL**



2. LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL(Wn)

Ensayo No.	1	2	Wn
Vidrio No	----	----	----
$W_{rmh,}$ (g)	----	----	----
$W_{rms,}$ (g)	----	----	----
$W_{rl,}$ (g)	----	----	----
Humedad (%)	**NP**	**NP**	----

3. RESUMEN DE RESULTADOS DEL ENSAYO

Límite Líquido : NL % ± --- *

Límite Plástico : NP % ± --- *

Índice Plasticidad : NP % ± --- *

Humedad Natural ---- % ± ---- *

Gravas: ---- %

Arenas: ---- %

Finos: ---- %

USC : ----

Índice de Grupo : ----

AASHTO : ----

OBSERVACIONES

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA

CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ

REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/3

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO GT1-03

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÌA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext 5373/99/69/68 Fax: Ext 5373

LIMITES DE CONSISTENCIA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-GT1-03 / IE-GT1-04 / IE-GT1-05

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E122-07 / INV E 125-07 / INV E 126-07

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13

PROYECTO: IDU 038-039

Muestra: Arena de peña, Fuente planta Ivercot Soacha

Descripción: Visual: Arena amarilla

Profundidad: ---

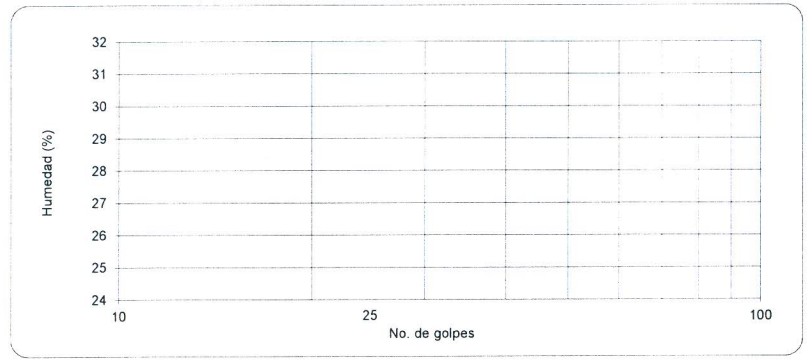
Referencia: 024 Y 025-7

Fecha Recepción: 2013-02-14

Fecha de Ensayo: 2013-02-28

1. LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes	----	----	----
Vidrio No	----	----	----
W_{rmh}, (g)	----	----	----
W_{rms}, (g)	----	----	----
W_{rl}, (g)	----	----	----
Humedad, w (%)	**NL**	**NL**	**NL**



2. LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL(Wn)

Ensayo No.	1	2	Wn
Vidrio No	----	----	----
W_{rmh}, (g)	----	----	----
W_{rms}, (g)	----	----	----
W_{rl}, (g)	----	----	----
Humedad (%)	**NP**	**NP**	----

3. RESUMEN DE RESULTADOS DEL ENSAYO

Límite Líquido : NL % ± --- *

Límite Plástico : NP % ± --- *

Índice Plasticidad : NP % ± --- *

Humedad Natural ---- % ± ---- *

Gravas: ---- %

Arenas: ---- %

Finos: ---- %

USC : ----

Índice de Grupo : ----

AASHTO : ----

OBSERVACIONES

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOMAIRA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/13

EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-10 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 133-07

Suplemento al informe LAB_P024-P025_13(3) de fecha 08 de Marzo de 2013

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Fecha de Ensayo: 2013-03-07	Fecha de Recepción: 2013-02-14

Referencia	024 Y 025-6		
Muestra	Arena natural, Fuente aluvial Río Coello		
Localización	----		
Descripcion	Visual: Arena con grava, gris		
Prueba No	1	2	3
A = Lectura de arena	4.0	3.7	3.8
B = Lectura de arcilla	5.1	4.8	5.2
A/B x 100 (%)	**79.0**	**78.0**	**74.0**

EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%) **77.0** ± **3.88** *

OBSERVACIONES: _____

Referencia	024 Y 025-7		
Muestra	Arena de peña, Fuente planta Ivercot Soacha		
Localización	----		
Descripcion	Visual: Arena amarilla		
Prueba No	1	2	3
A = Lectura de arena	2.8	2.9	2.9
B = Lectura de arcilla	13.0	12.7	12.6
A/B x 100 (%)	**22.0**	**23.0**	**24.0**

EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%) **23.0** ± **1.16** *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2

YOLANDA OZEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-02

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AG1-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 222-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13 **PROYECTO:** IDU 038-039

Referencia: 024 Y 025-5 Muestra: Arena triturada, Fuente aluvial Río Coello

Localización: ---- Fecha Recepción: 2013-02-14

Descripción: Visual: Arena con grava, gris Fecha de Ensayo: 2013-03-04

Prueba No		1	2	
Picnómetro No		60	70	
Masa en el aire, muesta seca al horno	(A) (g)	490.90	491.40	
Masa del picnómetro aforado lleno de agua	(B) (g)	657.84	662.19	
Masa del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	(C) (g)	962.20	967.90	
Masa de la muestra saturada superficialmente seca	(S) (g)	500.1	500	
Gravedad específica bulk, Gsb $_{23/23°C}$ sp (g) A / (B +S- C)		2.508 ± 0.020 *	2.529 ± 0.020 *	± *
Gravedad específica bulk saturada y superficialmente seca, Gsbsss $_{23/23°C}$ sp (g) S / (B +S- C)		2.555 ± 0.022 *	2.574 ± 0.022 *	± *
Gravedad específica aparente, Gsa $_{23/23°C}$ sp (g) A / (B +A- C)		2.632	2.646	
% Absorción (S - A) / A *100		1.87 ± 0.02 *	1.75 ± 0.02 *	± *
Tx (°C) Temperatura Ambiente		23.0	23.0	

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

OVANY OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/7

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-02

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AG1-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 222-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13 **PROYECTO:** IDU 038-039

Referencia: 024 Y 025-6 Muestra: Arena natural, Fuente aluvial Río Coello

Localización: ---- Fecha Recepción: 2013-02-14

Descripción: Visual: Arena con grava, gris Fecha de Ensayo: 2013-03-04

Prueba No	1	2	
Picnómetro No	60	70	
Masa en el aire, muesta seca al horno (A) (g)	491.70	491.80	
Masa del picnómetro aforado lleno de agua (B) (g)	657.84	662.19	
Masa del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua (C) (g)	961.90	965.20	
Masa de la muestra saturada superficialmente seca (S) (g)	500	500	
Gravedad específica bulk, $Gsb_{23/23^{\circ}C}$ sp (g) A / (B +S- C)	2.509 ± 0.020 *	2.497 ± 0.020 *	± *
Gravedad específica bulk saturada y superficialmente seca, $Gsbsss_{23/23^{\circ}C}$ sp (g) S / (B +S- C)	2.552 ± 0.022 *	2.538 ± 0.022 *	± *
Gravedad específica aparente, $Gsa_{23/23^{\circ}C}$ sp (g) A / (B +A- C)	2.620	2.605	
% Absorción (S - A) / A *100	1.69 ± 0.02 *	1.67 ± 0.02 *	± *
Tx (°C) Temperatura Ambiente	23.0	23.0	

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/7

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-02

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AG1-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 222-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13 **PROYECTO:** IDU 038-039

Referencia: 024 Y 025-7 Muestra: 'Arena de peña, Fuente planta Ivercot Soacha

Localización: ---- Fecha Recepción: 2013-02-14

Descripción: Visual: Arena amarilla Fecha de Ensayo: 2013-03-04

Prueba No		1	2	
Picnómetro No		60	70	
Masa en el aire, muesta seca al horno	(A) (g)	492.10	492.00	
Masa del picnómetro aforado lleno de agua	(B) (g)	657.84	662.19	
Masa del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	(C) (g)	958.60	964.30	
Masa de la muestra saturada superficialmente seca	(S) (g)	500	500	
Gravedad específica bulk, $Gsb_{23/23^{\circ}C}$ sp (g) A / (B +S- C)		2.470 ± 0.020 *	2.486 ± 0.020 *	± *
Gravedad específica bulk saturada y superficialmente seca, $Gsbsss_{23/23^{\circ}C}$ sp (g) S / (B +S- C)		2.510 ± 0.022 *	2.527 ± 0.022 *	± *
Gravedad específica aparente, $Gsa_{23/23^{\circ}C}$ sp (g) A / (B +A- C)		2.572	2.591	
% Absorción (S - A) / A *100		1.61 ± 0.02 *	1.63 ± 0.02 *	± *
Tx (°C) Temperatura Ambiente		23.0	23.0	

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

COVARRUBIAS OVIEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/7

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-10

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-10

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 133-07

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13(11) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Fecha de Ensayo: 2013-05-02 Fecha de Recepción: 2013-04-11

Referencia	P024 Y P025_5_6_7		
Muestra	Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha).		
Localización	---		
Descripcion	Arena gris fina		
Prueba No	1	2	3
A = Lectura de arena	4,0	4,0	4,0
B = Lectura de arcilla	5,0	4,9	5,0
A/B x 100 (%)	**80,0**	**82,0**	**80,0**

EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%) **81,0** ± **4,08** *

OBSERVACIONES:

Referencia	----		
Muestra	---		
Localización	---		
Descripcion	----		
Prueba No	1	2	3
A = Lectura de arena	----	----	----
B = Lectura de arcilla	----	----	----
A/B x 100 (%)	**----**	**----**	**----**

EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%) **----** ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/10

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-02

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AG1-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 222-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13(11) **PROYECTO:** IDU 038 y 039.

Referencia: P024 Y P025_5_6_7 Muestra: Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha).

Localización: ---- Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Arena gris. Fecha de Ensayo: 2013-05-02

Prueba No		1		
Picnómetro No		8		
Masa en el aire, muesta seca al horno	(A) (g)	494,40		
Masa del picnómetro aforado lleno de agua	(B) (g)	675,05		
Masa del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	(C) (g)	983,50		
Masa de la muestra saturada superficialmente seca	(S) (g)	500		
Gravedad específica bulk, $Gsb_{23/23°C}$ sp (g) A / (B +S- C)		2,581 ± 0,021 *	± *	± *
Gravedad específica bulk saturada y superficialmente seca, $Gsbsss_{23/23°C}$ sp (g) S / (B +S- C)		2,610 ± 0,022 *	± *	± *
Gravedad específica aparente, $Gsa_{23/23°C}$ sp (g) A / (B +A- C)		2,659		
% Absorción (S - A) / A *100		1,13 ± 0,01 *	± *	± *
Tx (°C) Temperatura Ambiente		23,0		

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

8/10

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-14

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69/99 Fax: Ext. 5373

CONTENIDO APROXIMADO DE MATERIA ORGÁNICA EN ARENAS USADAS EN LA PREPARACIÓN DE MORTEROS O CONCRETOS (MÉTODO COLORIMÉTRICO)

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: ---

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: I.N.V. E - 212

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13(11)	**PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia:	P024 Y P025_5_6_7	**Muestra:**	Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha).
Localización:	---	**Fecha de recepción:**	2013-04-11
Descripción:	Arena gris.	**Fecha de ensayo:**	2013-04-30

I. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

MATERIA ORGÁNICA No. 1 Método Alterno B

Número de referencia orgánica.	1	2	3*	4	5

* Color normal de referencia.

OBSERVACIONES: _____

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING.DE LABORATORIO

6/10

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-09

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO (AGREGADO FINO)

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-09

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 220-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13(11) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024 Y P025_5_6_7
Localización: ---
Descripción: Arena gris de rio.

Muestra: Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha).
Fecha Recepción: 2013-04-11
Fecha de Ensayo: 2013-05-02

Solución Utilizada: Sulfato de sodio No de Ciclos: 5

ANÁLISIS CUANTITATIVO

FRACCIÓN Pasa (pulg.)	FRACCIÓN Retiene (pulg.)	Gradación (%)	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Pérdida de la fracción (%)	Pérdida corregida (%)
2 1/2"	3/8	----	----	----	----	----
3/8	No 4	32,3	106,5	106,5	0,0	0,0
No 4	No 8	25,0	107	105,3	1,6	0,4
No 8	No 16	7,4	107,6	106,3	1,2	0,1
No 16	No 30	25,0	105,2	103,4	1,7	0,4
No 30	No 50	10,3	107,4	106,3	1,0	0,1
TOTALES		100,0	533,7	527,8	5,5	**1,0** ± **0,230** *

OBSERVACIONES: El porcentaje de gradación reportado fue recalculado con respecto a la granulometria original considerando la fracción fina como el 100% del material.

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/10

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax Ext. 5373

FORMATO AG1-19

VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS Y EN LLENANTES MINERALES

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-16 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 235-07

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13(11)	**PROYECTO:** IDU 038 Y 039
Fecha de Ensayo: 2013-04-26	**Fecha Recepción:** 2012-06-19

Referencia	P024 Y P025-5_6_7	P024 Y P025-5_6_7
Apique	----	----
Muestra	Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha).	Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha).
Profundidad (m)	-----	----
Localización	---	---
Descripción	Arena gris	Arena gris
Solución de Azul de Metileno requerida en la titulación (V) (ml)	10	10
Material seco utilizado en la prueba (W) (g)	10.0	10.0
Valor de Azul de Metileno en mg de azul por gramo de material seco pasa tamiz N° 200 (VA) ((5*V)/W)	**5.0**	**5.0**

OBSERVACIONES: _____

Referencia	----	----
Apique	----	----
Muestra	---	----
Profundidad (m)	-----	----
Localización	---	----
Descripción	----	----
Solución de Azul de Metileno requerida en la titulación (V) (ml)	----	----
Material seco utilizado en la prueba (W) (g)	----	----
Valor de Azul de Metileno en mg de azul por gramo de material seco pasa tamiz N° 200 (VA) ((5*V)/W)	----	----

OBSERVACIONES: _____

JESSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

5/10

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AG1-18

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

CONTENIDO DE VACÍOS EN AGREGADOS FINOS NO COMPACTADOS - MÉTODO A

(INFLUENCIADO POR LA FORMA DE LAS PARTÍCULAS, TEXTURA DE LA SUPERFICIE Y GRADACIÓN)

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AG1-18

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO INV E 239-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 Y P025-13(11)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Muestra:	Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha).	Referencia:	P024 Y P025-5_6_7
Descripción:	Arena gris	Fecha Recepción:	2013-04-11
		Fecha de Ensayo:	2013-05-03

Número de Prueba		1	2
Gravedad específica del agregado fino	(G)	2.581	
Volumen del medidor cilíndrico, *ml*	(V)	100	
Masa del medidor cilíndrico, *g*		259.4	259.4
Masa del medidor cilíndrico más muestra, *g*		395.5	395.8
Masa neta del agregado fino en el medidor, *g*	(F)	136.1	136.4
Vacios del agregado fiino sin compactar, *%*	(U_s)	47.3%	47.2%

PROMEDIO U_S (%) **47.2%** ± **0.20%***

$$\%U_s = \frac{V - (F / G)}{V} \times 100$$

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-05

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO Y FINO

INFORME DE ENSAYO

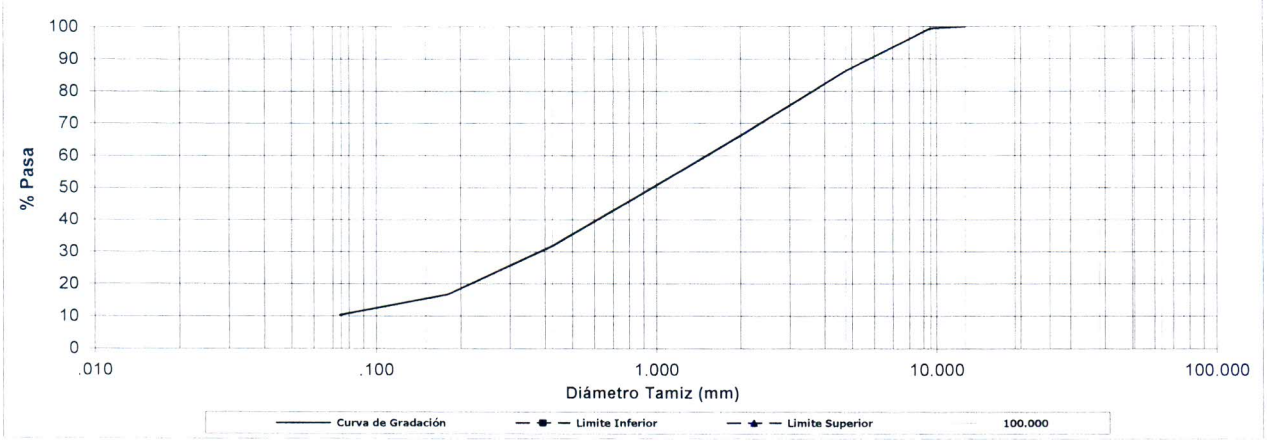
INSTRUCTIVO DE ENSAYO No.: IE-AG1-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 213-07

CÓDIGO ORDEN: P024 y P025 -13 (6) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: 024 Y 025 - 5
Localización: ----
Descripción: Arena gris.

Muestra: Arena triturada, Fuente Aluvial Rio Coello
Fecha Recepción: 2012-03-18
Fecha de Ensayo: 2013-04-02

ABER. DEL TAMIZ (mm)	(pulg)	Peso RET. (g)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) PASA				ESPECIFICACIÓN Límite superior	Límite inferior
12.700	1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	±	0.3	*		
9.530	3/8"	9.8	0.6	0.6	99.4	±	0.7	*		
4.750	N°4	216.2	13.1	13.7	86.3	±	1.2	*		
2.000	N°10	329.7	20.0	33.7	66.3	±	0.2	*		
0.425	N°40	568.5	34.5	68.2	31.8	±	0.4	*		
0.180	N°80	247.9	15.0	83.2	16.8	±	0.7	*		
0.074	N°200	105.4	6.4	89.6	10.4	±	0.7	*		
fondo		170.7	10.4	100	---					



Peso inicial seco sin lavar: 1648.2 g
Peso seco final lavado 1483.1 g

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ:TECNÓLOGO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: ING DE LABORATORIO

4/6

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-05

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO Y FINO

INFORME DE ENSAYO

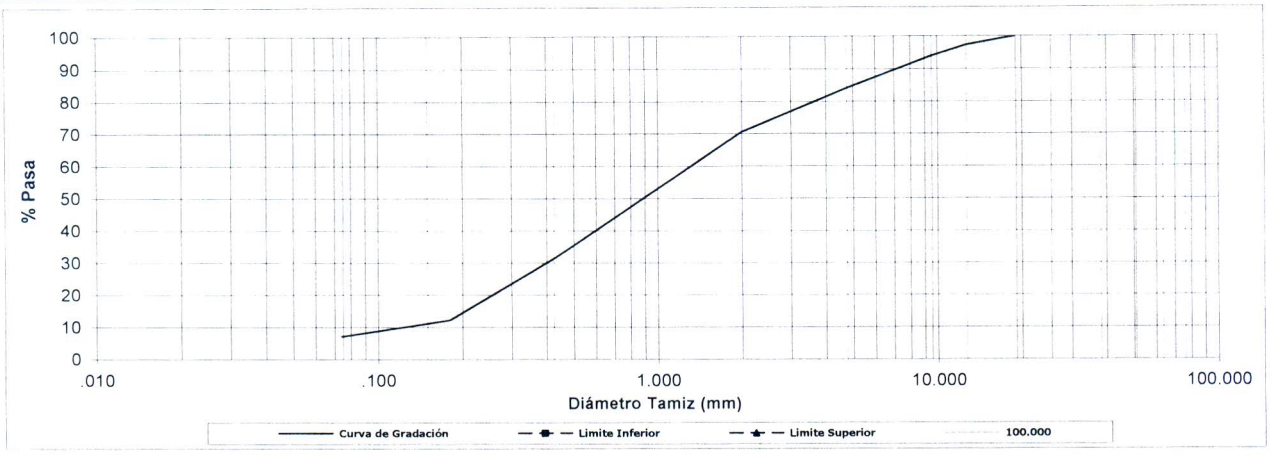
INSTRUCTIVO DE ENSAYO No.: IE-AG1-06 — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 213-07

CÓDIGO ORDEN: P024 y P025 -13 (6) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: 024 Y 025 - 6
Localización: ----
Descripción: Arena gris.

Muestra: Arena natural, Fuente Aluvial Río Coello
Fecha Recepción: 2012-03-18
Fecha de Ensayo: 2013-04-02

ABER. DEL TAMIZ (mm)	(pulg)	Peso RET. (g)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) PASA	ESPECIFICACIÓN Límite superior	Límite inferior
19.000	3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0 ± 0.0 *		
12.700	1/2"	35.8	2.7	2.7	97.3 ± 0.2 *		
9.530	3/8"	44.7	3.3	6.0	94.0 ± 0.6 *		
4.750	N°4	131.4	9.8	15.9	84.1 ± 1.1 *		
2.000	N°10	179.1	13.4	29.3	70.7 ± 0.2 *		
0.425	N°40	525.2	39.3	68.6	31.4 ± 0.4 *		
0.180	N°80	255.9	19.2	87.8	12.2 ± 0.5 *		
0.074	N°200	67.8	5.1	92.9	7.1 ± 0.5 *		
fondo		94.8	7.1	100	---		



Peso inicial seco sin lavar: 1334.7 g
Peso seco final lavado 1241.8 g

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULO: TECNOLOGO

PPL Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: ING DE LABORATORIO

5/6

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AG1-05

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO Y FINO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO No.: IE-AG1-06

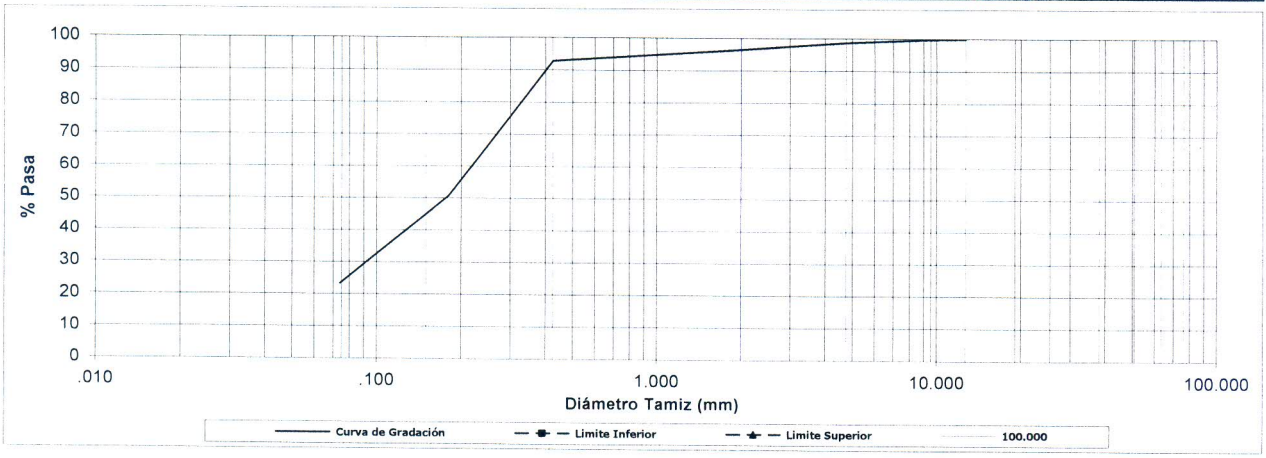
PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 213-07

CÓDIGO ORDEN: P024 y P025 -13 (6) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: 024 Y 025 - 7
Localización: ----
Descripción: Arena amarilla.

Muestra: Arena de peña, Fuente Planta Ivercot Soacha
Fecha Recepción: 2012-03-18
Fecha de Ensayo: 2013-04-02

ABER. DEL TAMIZ (mm)	(pulg)	Peso RET. (g)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) PASA	ESPECIFICACIÓN Límite superior	Límite inferior
12.700	1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0 ± 0.3 *		
9.530	3/8"	2.1	0.2	0.2	99.8 ± 0.7 *		
4.750	N°4	10.0	1.1	1.3	98.7 ± 1.3 *		
2.000	N°10	21.5	2.3	3.6	96.4 ± 0.3 *		
0.425	N°40	34.4	3.7	7.3	92.7 ± 1.2 *		
0.180	N°80	394.3	42.1	49.3	50.7 ± 2.0 *		
0.074	N°200	257.3	27.5	76.8	23.2 ± 1.7 *		
fondo		217.6	23.2	100	---		



Peso inicial seco sin lavar: 937.2 g
Peso seco final lavado 729.9 g

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULO: TECNOLOGO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: ING DE LABORATORIO

6/6

ANEXO C. Caracterización del ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización del ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70 listados a continuación:

- Penetración de los materiales asfálticos.
- Índice de penetración.
- Ductilidad de los materiales asfálticos y Punto de ablandamiento de materiales bituminosos.
- Gravedad específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos.
- Método para determinar la viscosidad del asfalto empleando el viscosímetro rotacional.
- Ensayo en el horno de lámina asfáltica delgada en movimiento.
- Medición de propiedades reológicas de los ligantes asfálticos mediante el reómetro de corte dinámico.
- Penetración de los materiales asfálticos al residuo envejecido en RTFO.
- Índice de penetración al residuo envejecido en RTFO.
- Punto de ablandamiento de materiales bituminosos al residuo envejecido en RTFO.

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-03

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PENETRACIÓN DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-04 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 706-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Referencia: 024 Y 025-1	Fecha Recepción: 2013-02-14
Muestra: Cemento asfáltico de Barrancabermeja 60/70	Fecha de Ensayo: 2013-02-20

Descripción: Cemento asfáltico

Molde	Temperatura (°C)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	25	69	69	68	69 ± 0.50 *
2	25	68	67	68	68 ± 0.49 *

Carga (g) : 100 Tiempo (s): 5

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (°C)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± ----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (°C)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± ----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.}

JOHANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/8

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

FORMATO AF1-09

INDICE DE PENETRACIÓN DE CEMENTOS ASFALTICOS

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: I.N.V E-724-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 Y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Referencia: 024 Y 025-1	Fecha de Recepción: 2013-02-14
Descripción: Cemento asfáltico de Barrancabermeja 60/70	Fecha de Ensayo: 2013-02-20

1. DATOS

Punto de ablandamiento (°C)	t_{RaB}	51.3
Penetración a 25°C (0,1 mm)	P	68.5

2. CALCULOS

INDICE DE PENETRACIÓN (I_P)

$$I_P = \frac{20 \times t_{RaB} + 500 \times \log P - 1952}{t_{RaB} - 50 \times \log P + 120}$$

I_P = -0.103

OBSERVACIONES: _____

YOVANA OJEDA
CALCULO: TECNOLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: ING DE LABORATORIO

5/8.

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-02

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

MATERIALES ASFÁLTICOS
INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-02 IE-AF1- 03 / IE-AF1-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 702-07 INV E 709-07 INV E 712-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 Y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Referencia: 024 Y 025-1	Fecha Recepción: 2013-02-14
Descripción: Cemento asfáltico de Barrancabermeja 60/70	Fecha de Ensayo: 2013-02-20

I. DUCTILIDAD DE MATERIALES ASFÁLTICOS (INV E-702-07)

Prueba No.	Temperatura (°C)	Velocidad (mm/min)	Ductilidad (cm)
1	25.0	50	100 ± 0.00 *
2	25.0	50	100 ± 0.00 *
3	---	---	--- ± ---- *

OBSERVACIONES: _____

II. PUNTO DE IGNICIÓN Y LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA DE CLEVELAND (INV E-709-07)

Prueba No.		1	2	3
Temperatura punto de ignición	A (°C)	---	---	---
Temperatura punto de llama	B (°C)	---	---	---
Presión Barométrica	P (mmHg)	---	---	---
Punto de Ignición [A+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *
Punto de Llama [B+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *

OBSERVACIONES: _____

III. PUNTO DE ABLANDAMIENTO APARATO DE ANILLO Y BOLA (INV E-712-07)

Anillo No.	Líquido Utilizado	Punto de ablandamiento (°C)
1	Agua destilada	51.2
2	Agua destilada	51.4
Promedio		51.3 ± 0.74*

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

2/8

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF1-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE MATERIALES ASFÁLTICOS SÓLIDOS Y SEMISÓLIDOS-MÉTODO DEL PICNÓMETRO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 707-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 y P025-13	**PROYECTO:**	IDU 038-039
Referencia:	024 y 025-1	Fecha Recepción:	2013-02-14
Descripción:	Cemento asfáltico de Barrancabermeja 60/70	Fecha de Ensayo:	2013-02-20

PRUEBA No.	1	2
Temperatura de ensayo, [°C]	25.00	25.00
Peso del picnómetro (incluído el tapón), A [g]	36.830	36.328
Peso del picnómetro con agua, B [g]	64.728	64.110
Peso del picnómetro parcialmente lleno con asfalto, C[g]	52.765	51.356
Peso del picnómetro con asfalto y con agua, D [g]	64.889	64.268
Peso unitario del agua a la temperatura de ensayo, W_T [g/cm^3]	0.9970	0.9970
Gravedad específica, γ =(C-A) / [(B-A)-(D-C)]	1.010	1.011
Densidad= γ * Wt [g/cm^3]	1.007 ± 0.001 *	1.008 ± 0.001 *

DENSIDAD DEL AGUA

Temperatura (°C)	Densidad del agua (g/cm^3)	Temperatura (°C)	Densidad del agua (g/cm^3)
10	0.9997	21	0.9980
11	0.9996	22	0.9978
12	0.9995	23	0.9975
13	0.9994	24	0.9973
14	0.9992	25	0.9970
15	0.9991	26	0.9968
16	0.9989	27	0.9965
17	0.9988	28	0.9962
18	0.9986	29	0.9959
19	0.9984	30	0.9957
20	0.9982	31	0.9953

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNOLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69/5399 Fax: Ext. 5373

VISCOSIDAD DE ASFALTOS USANDO EL APARATO BROOKFIELD

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: ---

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: ASTM D 4402

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13

PROYECTO: IDU 038-039

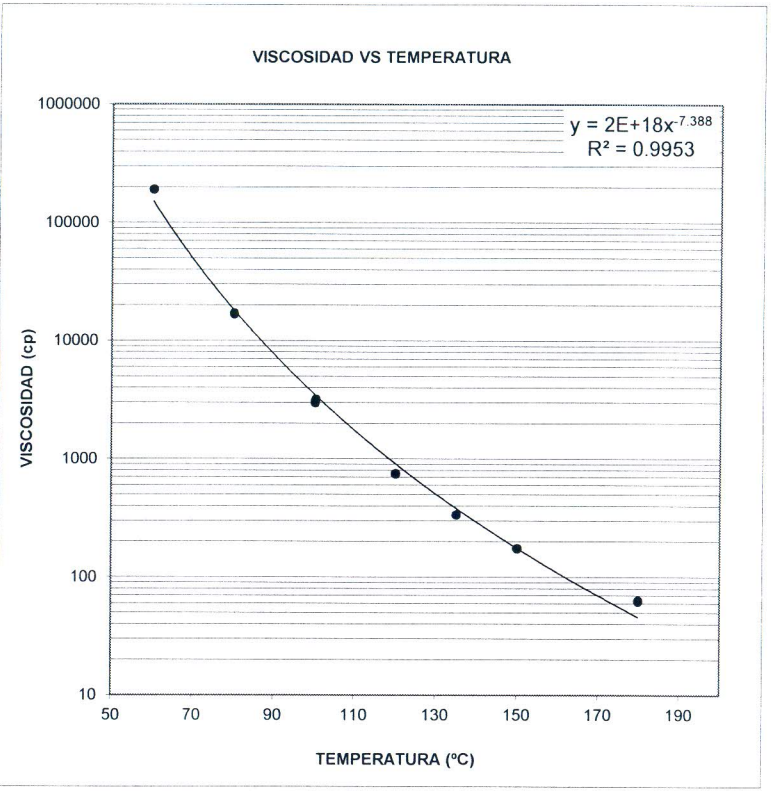
Referencia: 024 Y 025-13

Descripción: Cemento Asfáltico, Barrancabermeja 60/70

Fecha de recepción: 2013-02-14

Fecha de ensayo: 2013-02-27

TEMPERATURA °C	AGUJA No	VELOCIDAD rpm	TORQUE %	VISCOSIDAD cp
60.2	29	5	94.5	189000
60.2	29	5	93.4	189000
60.1	29	5	93.1	189000
80.1	21	2.7	92.0	17037
80.1	21	2.7	90.8	16815
80.1	21	2.7	90.3	16722
100.3	21	10	63.5	3175
100.2	21	10	60.8	3040
100.2	21	10	59.2	2960
120.2	21	30	44.9	748.3
120.1	21	30	44.8	746.7
120.2	21	30	44.6	743.3
135.1	21	50	33.6	336
135.1	21	50	33.6	336
135.1	21	50	33.6	336
150	21	50	17.4	174
150.0	21	50	17.4	174
150.1	21	50	17.4	174
179.9	21	50	6.3	63
179.9	21	50	6.2	62
179.9	21	50	6.2	62



OBSERVACIONES:

YOVANA OJEDA
CALCULÓ TECNÓLOGO:

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

Archivo: 024 Y 025-1 Viscosidad de asfaltos usando el aparato de Brookfield.xls
Revisión: 07-10-30 V0

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO EN EL HORNO DE LÁMINA ASFÁLTICA DELGADA EN MOVIMIENTO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-08

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 720-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 Y 025-13	PROYECTO: IDU 038-039
Referencia: 024 Y 025-13	Fecha de Recepción: 2013-02-14
Descripción: Cemento asfáltico de Barrancabermeja 60/70	Fecha de Ensayo: 2013-02-20

PRUEBA	1	2	3
Peso recipiente + muestra inicial (P_o) g.	191.956	195.665	193.993
Peso recipiente + muestra final (P_f) g.	191.880	195.593	193.917
Peso recipiente (P_r) g.	156.948	160.958	158.005
% PERDIDA DE MASA	0.217	0.207	0.211

% PÉRDIDA DE MASA 0.212 ± 0.010 *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANY OVIEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING DE LABORATORIO

3/8

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-07

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5299/5268/69 Fax: Ext. 5373

MEDICIÓN DE PROPIEDADES REOLOGICAS DE LOS LIGANTES ASFÁLTICOS MEDIANTE EL REÓMETRO DE CORTE DINÁMICO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO No.: ------

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 750-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 y P025-13 **PROYECTO:** IDU 038-039

Referencia: P024-1 y P025-1
Localización: ---
Descripción: Cemento asfáltico.

Muestra: Cemento asfáltico 60/70 de Barrancabermeja
Fecha Recepción: 14-Feb-2013
Fecha de Ensayo: 27-Feb-2013

I. Características del equipo.

Equipo:	Reómetro AR-2000ex
Software:	Rheology advantaje instrument control AR
Control:	Deformación controlada

II. Evaluación del cemento asfáltico original.

Geometría (mm):	25,0
Separación, gap (μm):	1,00

Parámetro de referencia: $\frac{G^*}{sen\ \delta} > 1{,}0\ KPa$

Temperatura °C	Frecuencia rad/s	Ángulo δ	G* Pa	|G*|/senδ kPa	|G*|.senδ kPa	Deformación %	Torque micro N.m	Viscosidad Pa s
58	10	87	2320,3	2,324	2,3165	12,01	-2,26E-05	231,65
64	10	88	1006	1,007	1,0053	12,01	-1,36E-05	100,53
70	10	89	471	0,471	0,4710	12,00	-9,90E-06	47,103

Temperatura obtenida: **58 °C**

III. Evaluación del residuo del cemento asfáltico obtenido con RTFO.

Geometría (mm):	25,0
Separación, gap (μm):	1,00

Parámetro de referencia: $\frac{G^*}{sen\ \delta} \geq 2{,}2\ KPa$

Temperatura °C	Frecuencia rad/s	Angulo δ	G* Pa	|G*|/senδ kPa	|G*|.senδ kPa	Deformación %	Torque micro N.m	Viscosidad Pa s
52	10	82	10670	10,770	10,571	10,01	-6,77E-05	1057,1
58	10	84	4148	4,168	4,1279	10,06	-3,05E-05	412,79
64	10	86	1528	1,531	1,5245	10,03	-1,54E-05	152,45

Temperatura obtenida: **58 °C**

IV. Evaluación del residuo del cemento asfáltico obtenido con PAV.

Geometría (mm):	8,0
Separación, gap (μm):	2,00

Parámetro de referencia: $G^*\ \text{sen}\ \delta \leq 5000 kPa$

Temperatura °C	Frecuencia rad/s	Angulo δ	G* Pa	|G*|/senδ kPa	|G*|.senδ kPa	Deformación %	Torque micro N.m	Viscosidad Pa s
16	10	42	14689000	22129,000	9748,2	1,00	-2,80E-04	974820
19	10	44	10322000	14851,000	7175,7	1,00	-2,00E-04	717570
22	10	48	6668500	8978,000	4953,2	1,00	-1,31E-04	495320

Temperatura obtenida: **22 °C**

OBSERVACIONES:

YOVANA OJEDA
CALCULO: TECNOLOGO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: INGENIERO DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF1-03

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PENETRACIÓN DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-04

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 706-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 y P025-13

PROYECTO: IDU 038-039

Referencia: 024 Y 025-1

Fecha Recepción: 2013-02-14

Muestra: Cemento asfáltico de Barrancabermeja 60/70 envejecido con RTFO

Fecha de Ensayo: 2013-02-20

Descripción: Cemento asfáltico

Molde	Temperatura (°C)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	25	50	49	49	49 ± 0.36 *
2	25	48	49	49	49 ± 0.35 *

Carga (g) : 100 Tiempo (s): 5

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (°C)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± -----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (°C)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± ----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.}

YOVANA OJEDA
CALCULO: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

FORMATO AF1-09

INDICE DE PENETRACIÓN DE CEMENTOS ASFALTICOS

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: I.N.V E-724-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 Y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Referencia: 024 Y 025-1	Fecha de Recepción: 2013-02-14
Descripción: Cemento asfáltico de Barrancabermeja 60/70 envejecido con RTFO	Fecha de Ensayo: 2013-02-20

1. DATOS

Punto de ablandamiento (°C)	t_{RaB}	55.3
Penetración a 25°C (0,1 mm)	P	49.0

2. CALCULOS

INDICE DE PENETRACIÓN (I_P)

$$I_P = \frac{20 \times t_{RaB} + 500 \times \log P - 1952}{t_{RaB} - 50 \times \log P + 120}$$

I_P = -0.010

OBSERVACIONES: _____

YOVANA OVEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF1-02

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

MATERIALES ASFÁLTICOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-02 IE-AF1- 03 / IE-AF1-05

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 702-07 INV E 709-07 INV E 712-07

CÓDIGO ORDEN P024-13 Y P025-13	**PROYECTO:** IDU 038-039
Referencia: 024 Y 025-1	Fecha Recepción: 2013-02-14
Descripción: Cemento asfáltico de Barrancabermeja 60/70 envejecido con RTFO	Fecha de Ensayo: 2013-02-20

I. DUCTILIDAD DE MATERIALES ASFÁLTICOS (INV E-702-07)

Prueba No.	Temperatura (°C)	Velocidad (mm/min)	Ductilidad (cm)
1	---	---	--- ± --- *
2	---	---	--- ± --- *
3	---	---	--- ± --- *

OBSERVACIONES: _____

II. PUNTO DE IGNICIÓN Y LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA DE CLEVELAND (INV E-709-07)

Prueba No.		1	2	3
Temperatura punto de ignición	A (°C)	---	---	---
Temperatura punto de llama	B (°C)	---	---	---
Presión Barométrica	P (mmHg)	---	---	---
Punto de Ignición [A+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *
Punto de Llama [B+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *

OBSERVACIONES: _____

III. PUNTO DE ABLANDAMIENTO APARATO DE ANILLO Y BOLA (INV E-712-07)

Anillo No.	Líquido Utilizado	Punto de ablandamiento (°C)
1	Agua destilada	55.2
2	Agua destilada	55.4
Promedio		55.3 ± 0.80*

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JOVANA OSEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

7/8

ANEXO D. Caracterización del ligante asfáltico Apiay 60-70

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización del ligante asfáltico Apiay 60-70 listados a continuación:

- Penetración de los materiales asfálticos.
- Índice de penetración.
- Ductilidad de los materiales asfálticos y Punto de ablandamiento de materiales bituminosos.
- Gravedad específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos.
- Método para determinar la viscosidad del asfalto empleando el viscosímetro rotacional.
- Ensayo en el horno de lámina asfáltica delgada en movimiento.
- Medición de propiedades reológicas de los ligantes asfálticos mediante el reómetro de corte dinámico.
- Penetración de los materiales asfálticos al residuo envejecido en RTFO.
- Punto de ablandamiento de materiales bituminosos al residuo envejecido en RTFO.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PENETRACIÓN DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-04

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 706-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (3) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024-10 Fecha Recepción: 2013-03-07

Muestra: Cemento asfáltico de Apiay 60/70 Fecha de Ensayo: 2013-03-12

Descripción: Cemento asfáltico

Molde	Temperatura (ºC)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	25	63	63	64	63 ± 0.46 *
2	25	63	64	64	64 ± 0.46 *

Carga (g) : 100 Tiempo (s): 5

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (ºC)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± -----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (ºC)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± ----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.}

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/6

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

FORMATO AF1-09

INDICE DE PENETRACIÓN DE CEMENTOS ASFALTICOS

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: I.N.V E-724-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (3)	**PROYECTO:** IDU 038
Referencia: 024-10	Fecha de Recepción: 2013-03-07
Descripción: Cemento asfáltico de Apiay 60/70	Fecha de Ensayo: 2013-03-13

1. DATOS

Punto de ablandamiento (°C)	t_{RaB}	53.9
Penetración a 25°C (0,1 mm)	P	64.0

2. CALCULOS

INDICE DE PENETRACIÓN ($I_{P)}$

$$I_P = \frac{20 \times t_{RaB} + 500 \times \log P - 1952}{t_{RaB} - 50 \times \log P + 120}$$

I_P = 0.348

OBSERVACIONES: _____

ROYANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING DE LABORATORIO

6/6

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF1-02

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

MATERIALES ASFÁLTICOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-02 IE-AF1- 03 / IE-AF1-05

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 702-07 INV E 709-07 INV E 712-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (3)	**PROYECTO:** IDU 038
Referencia: 024-10	Fecha Recepción: 2013-03-07
Descripción: Cemento asfáltico de Apiay 60/70	Fecha de Ensayo: 2013-03-12

I. DUCTILIDAD DE MATERIALES ASFÁLTICOS (INV E-702-07)

Prueba No.	Temperatura (°C)	Velocidad (mm/min)	Ductilidad (cm)
1	25.0	50	134 ± 0.00 *
2	---	---	--- ± ----- *
3	---	---	--- ± ---- *

OBSERVACIONES: _____

II. PUNTO DE IGNICIÓN Y LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA DE CLEVELAND (INV E-709-07)

Prueba No.		1	2	3
Temperatura punto de ignición	A (°C)	---	---	---
Temperatura punto de llama	B (°C)	---	---	---
Presión Barométrica	P (mmHg)	---	---	---
Punto de Ignición [A+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *
Punto de Llama [B+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *

OBSERVACIONES: _____

III. PUNTO DE ABLANDAMIENTO APARATO DE ANILLO Y BOLA (INV E-712-07)

Anillo No.	Líquido Utilizado	Punto de ablandamiento (°C)
1	Agua destilada	53.8
2	Agua destilada	54.0
Promedio		53.9 ± 0.78*

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE MATERIALES ASFÁLTICOS SÓLIDOS Y SEMISÓLIDOS-MÉTODO DEL PICNÓMETRO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-01 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 707-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (3)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 -10	Fecha Recepción:	2013-03-07
Descripción:	Cemento asfáltico de Apiay 60/70	Fecha de Ensayo:	2013-04-02

PRUEBA No.	1	2
Temperatura de ensayo, [°C]	24.70	24.70
Peso del picnómetro (incluído el tapón), A [g]	31.580	32.376
Peso del picnómetro con agua, B [g]	55.547	56.288
Peso del picnómetro parcialmente lleno con asfalto, C[g]	45.947	46.007
Peso del picnómetro con asfalto y con agua, D [g]	55.853	56.623
Peso unitario del agua a la temperatura de ensayo, W_T [g/cm^3]	0.9973	0.9973
Gravedad específica, γ =(C-A) / [(B-A)-(D-C)]	1.022	1.025
Densidad= γ * Wt [g/cm^3]	1.019 ± 0.001 *	1.022 ± 0.001 *

DENSIDAD DEL AGUA

Temperatura (°C)	Densidad del agua (g/cm^3)	Temperatura (°C)	Densidad del agua (g/cm^3)
10	0.9997	21	0.9980
11	0.9996	22	0.9978
12	0.9995	23	0.9975
13	0.9994	24	0.9973
14	0.9992	25	0.9970
15	0.9991	26	0.9968
16	0.9989	27	0.9965
17	0.9988	28	0.9962
18	0.9986	29	0.9959
19	0.9984	30	0.9957
20	0.9982	31	0.9953

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

VIVIANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

Vo Bo Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

2/4

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69/5399 Fax: Ext. 5373

VISCOSIDAD DE ASFALTOS USANDO EL APARATO BROOKFIELD

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: ---

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: ASTM D 4402

CÓDIGO ORDEN: P024 -13 (3)

PROYECTO: IDU 038

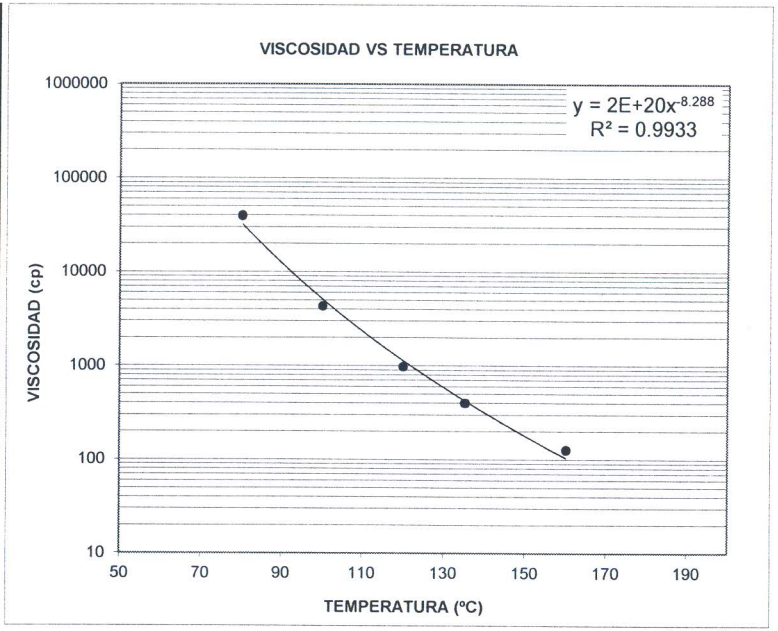
Referencia: 024-10

Descripción: Cemento Asfáltico, Apiay 60/70

Fecha de recepción: 2013-03-07

Fecha de ensayo: 2013-03-13

TEMPERATURA °C	AGUJA No	VELOCIDAD rpm	TORQUE %	VISCOSIDAD cp
80.2	21	1.2	94.9	39542
80.2	21	1.2	93.9	39083
80.2	21	1.2	93.5	38958
100.2	21	10	94.6	4300
100.2	21	10	94.6	4300
100.2	21	10	94.6	4300
120.1	21	40	78.0	975
120.1	21	40	77.5	968.8
120.1	21	40	77.5	968.8
135.3	21	50	39.9	399
135.2	21	50	39.9	399
135.2	21	50	39.9	399
160.2	21	50	12.6	126
160.2	21	50	12.7	127
160.2	21	50	12.6	126



OBSERVACIONES:

YOVANA OJEDA
CALCULÓ TECNÓLOGO:

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

9/2

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-06

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO EN EL HORNO DE LÁMINA ASFÁLTICA DELGADA EN MOVIMIENTO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-08 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 720-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (3)	PROYECTO: IDU 038
Referencia: 024-10	Fecha de Recepción: 2013-03-07
Descripción: Cemento asfáltico de Apiay 60/70	Fecha de Ensayo: 2013-03-21

PRUEBA	1	2	3
Peso recipiente + muestra inicial (P_o) g.	194.740	204.963	256.151
Peso recipiente + muestra final (P_f) g.	194.439	204.665	255.849
Peso recipiente (P_r) g.	159.807	169.660	221.374
% PERDIDA DE MASA	0.862	0.844	0.868

% PÉRDIDA DE MASA 0.853 ± 0.039 *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

Vo Bo Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING DE LABORATORIO

3/4

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-07

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5299/5268/69 Fax: Ext. 5373

MEDICIÓN DE PROPIEDADES REOLOGICAS DE LOS LIGANTES ASFÁLTICOS MEDIANTE EL REÓMETRO DE CORTE DINÁMICO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO No.: ------

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 750-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (3)	**PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024-10
Localización: ----
Descripción: Cemento asfáltico

Muestra: Cemento asfáltico de Apiay 60/70.
Fecha Recepción: 7-Mar-2013
Fecha de Ensayo: 12-Mar-2013

I. Características del equipo.

Equipo:	Reómetro AR-2000ex
Software:	Rheology advantaje instrument control AR
Control:	Deformación controlada

II. Evaluación del cemento asfáltico original.

Geometría (mm):	25,0
Separación, gap (µm):	1,00

Parámetro de referencia: $\frac{G^*}{sen\ \delta} > 1{,}0\ KPa$

Temperatura °C	Frecuencia rad/s	Angulo δ	G* Pa	|G*|/senδ kPa	|G*|.senδ kPa	Deformación %	Torque micro N.m	Viscosidad Pa s
58	10	78	4808,3	4,924	4,6951	11,99	-3,96E-05	469,5
64	10	81	1992	2,0186	1,9665	12,01	-2,03E-05	196,65
70	10	84	845	0,849	0,8404	11,99	-1,24E-05	84,037

Temperatura obtenida:	**64 °C**

III. Evaluación del residuo del cemento asfáltico obtenido con RTFO.

Geometría (mm):	25,0
Separación, gap (µm):	1,00

Parámetro de referencia: $\frac{G^*}{sen\ \delta} \geq 2{,}2\ KPa$

Temperatura °C	Frecuencia rad/s	Angulo δ	G* Pa	|G*|/senδ kPa	|G*|.senδ kPa	Deformación %	Torque micro N.m	Viscosidad Pa s
64	10	72	8627	9,096	8,1811	10,01	-5,60E-05	818,11
70	10	75	3984	4,117	3,8549	10,01	-2,94E-05	385,49
76	10	79	1782	1,816	1,748	10,05	-1,69E-05	174,8

Temperatura obtenida:	**64 °C**

IV. Evaluación del residuo del cemento asfáltico obtenido con PAV.

Geometría (mm):	8,0
Separación, gap (µm):	2,00

Parámetro de referencia: $G^*\ \text{sen}\ \delta \leq 5000kPa$

Temperatura °C	Frecuencia rad/s	Angulo δ	G* Pa	|G*|/senδ kPa	|G*|.senδ kPa	Deformación %	Torque micro N.m	Viscosidad Pa s
13	10	34	13095000	23340,000	7347,4	1,00	-2,51E-04	734740
16	10	35	9566600	16657,000	5494,3	1,00	-1,85E-04	549430
19	10	36	7083900	11952,000	4198,6	1,00	-1,39E-04	419860

Temperatura obtenida:	**19 °C**

OBSERVACIONES:

YOVANA OJEDA
CALCULO: TECNOLOGO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: ING DE LABORATORIO

PENETRACIÓN DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-04 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 706-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (3)	**PROYECTO:** IDU 038
Referencia: 024-10	Fecha Recepción: 2013-03-07
Muestra: Cemento asfáltico de Apiay 60/70 envejecido en RTFO	Fecha de Ensayo: 2013-03-12

Descripción: Cemento asfáltico

Molde	Temperatura (ºC)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	25	37	36	37	37 ± 0.27 *
2	25	36	37	37	37 ± 0.27 *

Carga (g) : 100 Tiempo (s): 5

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (ºC)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± ----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (ºC)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± ----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.}

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF1-02

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

MATERIALES ASFÁLTICOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-02 IE-AF1- 03 / IE-AF1-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 702-07 INV E 709-07 INV E 712-07

CÓDIGO ORDEN P024-13 (3)	**PROYECTO:** IDU 038
Referencia: 024-10	Fecha Recepción: 2013-03-07
Descripción: Cemento asfáltico de Apiay 60/70 envejecido con RTFO	Fecha de Ensayo: 2013-03-12

I. DUCTILIDAD DE MATERIALES ASFÁLTICOS (INV E-702-07)

Prueba No.	Temperatura (°C)	Velocidad (mm/min)	Ductilidad (cm)
1	---	---	--- ± ----- *
2	---	---	--- ± ----- *
3	---	---	--- ± ----- *

OBSERVACIONES: _____

_____

II. PUNTO DE IGNICIÓN Y LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA DE CLEVELAND (INV E-709-07)

Prueba No.		1	2	3
Temperatura punto de ignición	A (°C)	---	---	---
Temperatura punto de llama	B (°C)	---	---	---
Presión Barométrica	P (mmHg)	---	---	---
Punto de Ignición [A+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *
Punto de Llama [B+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *

OBSERVACIONES: _____

_____

III. PUNTO DE ABLANDAMIENTO APARATO DE ANILLO Y BOLA (INV E-712-07)

Anillo No.	Líquido Utilizado	Punto de ablandamiento (°C)
1	Agua destilada	62.0
2	Agua destilada	62.2
Promedio		62.1 ± 0.90*

OBSERVACIONES: _____

_____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

YOVANA OJEDA
CALCULÓ: TECNÓLOGO

Vo Bo Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

ANEXO E. Caracterización del ligante asfáltico modificado tipo V de baja penetración

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización del ligante asfáltico modificado Tipo V de baja penetración listados a continuación:

- Penetración de los materiales asfálticos.
- Ductilidad de los materiales asfálticos y Punto de ablandamiento de materiales bituminosos.
- Gravedad específica de materiales asfálticos sólidos y semisólidos.
- Método para determinar la viscosidad del asfalto empleando el viscosímetro rotacional.
- Ensayo en el horno de lámina asfáltica delgada en movimiento.
- Medición de propiedades reológicas de los ligantes asfálticos mediante el reómetro de corte dinámico.
- Penetración de los materiales asfálticos al residuo envejecido en RTFO.
- Punto de ablandamiento de materiales bituminosos al residuo envejecido en RTFO.

PENETRACIÓN DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-04 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 706-07

CÓDIGO ORDEN: P024(10)-13	**PROYECTO:** IDU 038
Referencia: 024-14	Fecha Recepción: 2013-04-19
Muestra: Ligante asfáltico modificado tipo V de baja penetración	Fecha de Ensayo: 2013-04-25

Descripción: Cemento asfáltico

Molde	Temperatura (ºC)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	25	48	47	47	47 ± 0.34 *
2	25	47	47	46	47 ± 0.34 *

Carga (g) : 100 Tiempo (s): 5

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (ºC)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± -----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (ºC)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± ----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.}

JEISSON HURTADO
CALCULO: CORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/4

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF1-02

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

MATERIALES ASFÁLTICOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-02 IE-AF1- 03 / IE-AF1-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 702-07 INV E 709-07 INV E 712-07

CÓDIGO ORDEN: P024(10)-13	**PROYECTO:** IDU 038
Referencia: 024-14	Fecha Recepción: 2013-03-11
Descripción: Ligante asfáltico modificado tipo V de baja penetración.	Fecha de Ensayo: 2013-04-25

I. DUCTILIDAD DE MATERIALES ASFÁLTICOS (INV E-702-07)

Prueba No.	Temperatura (°C)	Velocidad (mm/min)	Ductilidad (cm)
1	24.9	50	8 ± 0.00 *
2	24.9	50	10 ± 0.00 *
3	24.9	50	11 ± 0.00 *

OBSERVACIONES: _____

II. PUNTO DE IGNICIÓN Y LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA DE CLEVELAND (INV E-709-07)

Prueba No.		1	2	3
Temperatura punto de ignición	A (°C)	---	---	---
Temperatura punto de llama	B (°C)	---	---	---
Presión Barométrica	P (mmHg)	---	---	---
Punto de Ignición [A+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *
Punto de Llama [B+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *

OBSERVACIONES: _____

III. PUNTO DE ABLANDAMIENTO APARATO DE ANILLO Y BOLA (INV E-712-07)

Anillo No.	Líquido Utilizado	Punto de ablandamiento (°C)
1	Agua destilada	76.0
2	Agua destilada	76.2
Promedio		76.1 ± 1.10*

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF1-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-043

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE MATERIALES ASFÁLTICOS SÓLIDOS Y SEMISÓLIDOS-MÉTODO DEL PICNÓMETRO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-01 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 707-07

CÓDIGO ORDEN:	P024(10)-13	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024-14	Fecha Recepción:	2013-04-19
Descripción:	Ligante asfáltico modoficado tipo V de baja penetración.	Fecha de Ensayo:	2013-04-25

PRUEBA No.	1	2
Temperatura de ensayo, [°C]	25.10	25.10
Peso del picnómetro (incluído el tapón), A [g]	35.111	32.374
Peso del picnómetro con agua, B [g]	56.936	56.284
Peso del picnómetro parcialmente lleno con asfalto, C[g]	48.262	46.162
Peso del picnómetro con asfalto y con agua, D [g]	57.012	56.376
Peso unitario del agua a la temperatura de ensayo, W_T [g/cm^3]	0.9970	0.9970
Gravedad específica, γ =(C-A) / [(B-A)-(D-C)]	1.006	1.007
Densidad= γ * Wt [g/cm^3]	1.003 ± 0.001 *	1.004 ± 0.001 *

DENSIDAD DEL AGUA

Temperatura (°C)	Densidad del agua (g/cm^3)	Temperatura (°C)	Densidad del agua (g/cm^3)
10	0.9997	21	0.9980
11	0.9996	22	0.9978
12	0.9995	23	0.9975
13	0.9994	24	0.9973
14	0.9992	25	0.9970
15	0.9991	26	0.9968
16	0.9989	27	0.9965
17	0.9988	28	0.9962
18	0.9986	29	0.9959
19	0.9984	30	0.9957
20	0.9982	31	0.9953

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

V° B° DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

1/4

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69/5399 Fax: Ext. 5373

VISCOSIDAD DE ASFALTOS USANDO EL APARATO BROOKFIELD

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: ---

INFORME DE ENSAYO

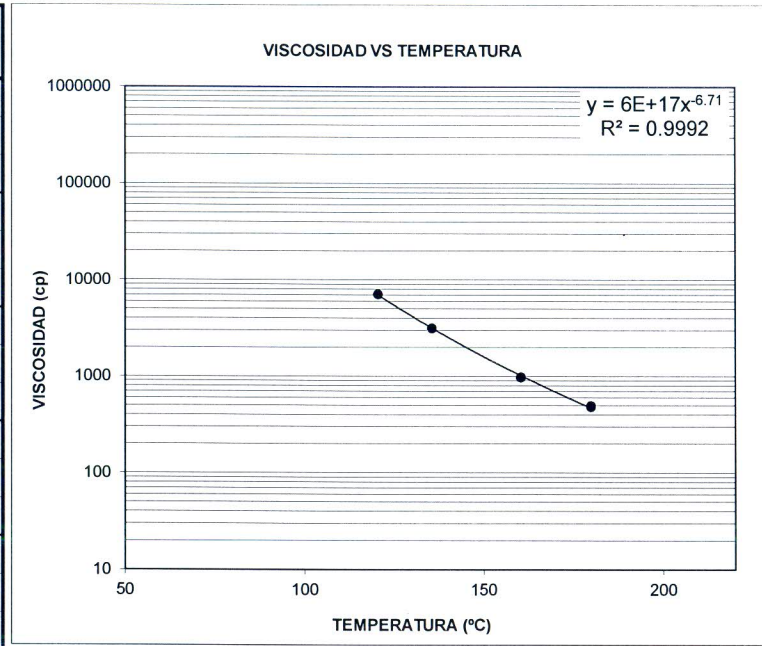
PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 720-07

CÓDIGO ORDEN: P024 (10)-13 | **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024-14 | **Fecha de recepción:** 2013-04-19

Descripción: Ligante asfáltico modificado Tipo V de baja penetración. | **Fecha de ensayo:** 2013-04-30

TEMPERATURA °C	AGUJA No	VELOCIDAD rpm	TORQUE %	VISCOSIDAD cp
120.4	21	7	98.9	7064
120.5	21	7	98.5	7036
120.5	21	7	928.2	7014
135.5	21	14	88.1	3146
135.5	21	14	87.5	3125
135.5	21	14	86.9	3104
160.4	21	50	97.8	978
160.4	21	50	97.1	971
160.3	21	50	96.7	967
179.9	21	50	49.3	493
179.9	21	50	48.4	484
179.9	21	50	47.8	478
--	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---



OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-06

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO EN EL HORNO DE LÁMINA ASFÁLTICA DELGADA EN MOVIMIENTO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-08 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 720-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13(10)	PROYECTO: IDU-039
Referencia: P024-14	Fecha de Recepción: 2013-04-02
Descripción: Ligante asfáltico modificado tipo V de baja penetración	Fecha de Ensayo: 2013-05-03

PRUEBA	1	2	3
Peso recipiente + muestra inicial (P_o) g.	191.882	204.862	195.643
Peso recipiente + muestra final (P_f) g.	191.774	204.793	195.566
Peso recipiente (P_r) g.	157.335	170.287	160.960
% PERDIDA DE MASA	0.313	0.200	0.222

% PÉRDIDA DE MASA 0.256 ± 0.012 *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CORDINADOR DE LABORATORIO

V° B° D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING DE LABORATORIO

1/3

LABORATORIO DE PRUEBAS
Y ENSAYOS
FORMATO AF1-07

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5299/5268/69 Fax: Ext. 5373

MEDICIÓN DE PROPIEDADES REOLOGICAS DE LOS LIGANTES ASFÁLTICOS MEDIANTE EL REÓMETRO DE CORTE DINÁMICO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO No.: ------

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 750-07

CÓDIGO ORDEN:	P024(21)-13	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	P024-14	Muestra:	Ligante asfáltico modificado tipo V de baja penetración.
Localización:	---	Fecha Recepción:	2013-06-28
Descripción:	Ligante asfáltico modificado.	Fecha de Ensayo:	2013-08-22

I. Características del equipo.

Equipo:	Reómetro AR-2000ex
Software:	Rheology advantaje instrument control AR
Control:	Deformación controlada

II. Evaluación del cemento asfáltico original.

Geometría (mm):	25.0
Separación, gap (μm):	1.00

Parámetro de referencia: $\frac{G^*}{sen\,\delta} > 1{,}0\ KPa$

Temperatura °C	Frecuencia rad/s	Ángulo δ	G* Pa	**|G*| /senδ kPa**	|G*|.senδ kPa	Deformación %	Torque micro N.m	Viscosidad Pa s
76	10	73	2160.8	2.2545	2.0708	12.21	-2.17E-05	207.08
82	10	77	1278	1.3138	1.2428	12.14	-1.55E-05	124.28
88	10	79	782	0.797	0.7672	12.13	-1.20E-05	76.715

Temperatura obtenida: **76 °C**

III. Evaluación del residuo del cemento asfáltico obtenido con RTFO.

Geometría (mm):	25.0
Separación, gap (μm):	1.00

Parámetro de referencia: $\frac{G^*}{sen\,\delta} \geq 2{,}2\ KPa$

Temperatura °C	Frecuencia rad/s	Ángulo δ	G* Pa	**|G*| /senδ kPa**	|G*|.senδ kPa	Deformación %	Torque micro N.m	Viscosidad Pa s
70	10	71	3339	3.533	3.156	10.05	-2.58E-05	315.62
76	10	74	2280	2.377	2.186	10.10	1.45E-03	218.59
82	10	77	1432	1.473	1.393	10.05	-1.48E-05	139.26

Temperatura obtenida: **76 °C**

IV. Evaluación del residuo del cemento asfáltico obtenido con PAV.

Geometría (mm):	8.0
Separación, gap (μm):	2.00

Parámetro de referencia: $G^*\ \text{sen}\ \delta \leq 5000 kPa$

Temperatura °C	Frecuencia rad/s	Ángulo δ	G* Pa	|G*|/senδ kPa	**|G*|.senδ kPa**	Deformación %	Torque micro N.m	Viscosidad Pa s
4	10	43	15283000	22561.000	10352.0	1.00	-2.92E-04	1035200
7	10	44	7187700	10363.000	4985.4	1.00	-1.41E-04	498540
10	10	43	4271700	6216.100	2935.5	1.00	-8.66E-05	293550

Temperatura obtenida: **7 °C**

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULO: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: INGENIERO DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF1-03

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PENETRACIÓN DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-04 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 706-07

CÓDIGO ORDEN: P024(10)-13 **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024-14 Fecha Recepción: 2013-04-19

Muestra: Ligante asfáltico modificado tipo V de baja penetración, envejecido con RTFO. Fecha de Ensayo: 2013-05-03

Descripción: Cemento asfáltico

Molde	Temperatura (°C)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	24,9	32	32	33	32 ± 0,23 *
2	24,9	34	34	32	33 ± 0,24 *

Carga (g) : 100 Tiempo (s): 5

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (°C)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± -----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

Descripción:

Molde	Temperatura (°C)	Penetración No.1 (0.1 mm)	Penetración No.2 (0.1 mm)	Penetración No.3 (0.1 mm)	Penetración Promedio (mm)
1	----	----	----	----	---- ± ----
2	----	----	----	----	---- ± ----

Carga (g) : ---- Tiempo (s): ----

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.}

JEISSON HURTADO
CALCULO: CORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF1-02

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-003

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

MATERIALES ASFÁLTICOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF1-02 IE-AF1- 03 / IE-AF1-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 702-07 INV E 709-07 INV E 712-07

CÓDIGO ORDEN:	P024(10)-13	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024-14	Fecha Recepción:	2013-03-11
Descripción:	Ligante asfáltico modificado tipo V de baja penetración, envejecido con RTFO.	Fecha de Ensayo:	2013-05-03

I. DUCTILIDAD DE MATERIALES ASFÁLTICOS (INV E-702-07)

Prueba No.	Temperatura (°C)	Velocidad (mm/min)	Ductilidad (cm)
1	0,0	0	--- ± 0,00 *
2	0,0	0	--- ± 0,00 *
3	0,0	0	--- ± 0,00 *

OBSERVACIONES: _____

II. PUNTO DE IGNICIÓN Y LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA DE CLEVELAND (INV E-709-07)

Prueba No.		1	2	3
Temperatura punto de ignición	A (°C)	---	---	---
Temperatura punto de llama	B (°C)	---	---	---
Presión Barométrica	P (mmHg)	---	---	---
Punto de Ignición [A+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *
Punto de Llama [B+0,033*(760-P)]	(°C)	--- ± --- *	--- ± --- *	--- ± --- *

OBSERVACIONES: _____

III. PUNTO DE ABLANDAMIENTO APARATO DE ANILLO Y BOLA (INV E-712-07)

Anillo No.	Líquido Utilizado	Punto de ablandamiento (°C)
1	Agua destilada	78,2
2	Agua destilada	78,4
Promedio		78,3 ± 1,14*

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

VºBº D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

ANEXO F. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MD12 con asfalto Barrancabermeja 60-70

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MD12 con asfalto Barrancabermeja 60-70 listados a continuación:

- Diseño de mezcla asfáltica.
- Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de la mezcla asfáltica en su estado original.
- Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de la mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la fatiga a esfuerzo controlado a la mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad con adición de cal en su estado original.
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad sin adición de cal en su estado original.
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la deformación plástica de la mezcla asfáltica mediante la pista de ensayo de laboratorio sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5255

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF 2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-98

Suplemento al informe LAB_P024 Y P025 (11)_13 (1) de fecha 06 de Mayo de 2013.

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025 -13(11) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

REFERENCIA: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7.

LOCALIZACIÓN: ---

DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MD 12, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Barranca.

MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

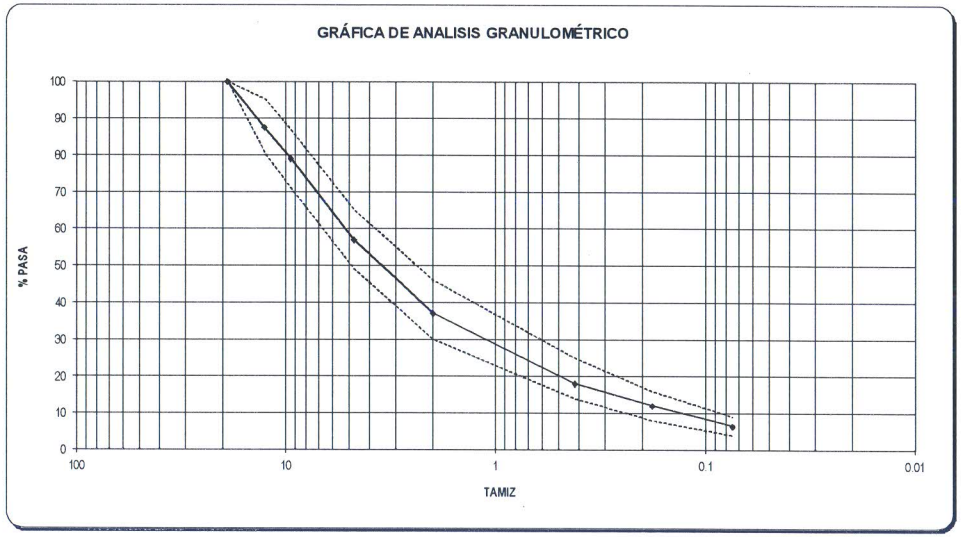
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-04-11

FECHA DE ENSAYO: 2013-04-24

I. GRADACIÓN COMBINADA PARA LA MEZCLA

Tamaño Tamiz	pg	Tamaño Tamiz - % Pasa									% Óptimo de c/material
	mm	1"	3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	80	200	
		25.4	19.1	12.7	9.53	4.76	2	0.42	0.18	0.075	
COMBINADO		100	100.0	87.5	79.0	57.0	37.0	18.0	12.0	6.5	100.0
---		--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
---		--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
---		--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
		---	---	---	---	---	---	---	---	---	--
			100	88	79	57	37	18	12	7	

ESPECIFICACION		100	95	87	65	46	25	16	9
MD-12		100	80	71	49	30	14	8	4
Tamiz mm		19	12.5	9.5	4.75	2	0.425	0.18	0.075



II. DISEÑO DE LA MEZCLA

CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO : 5.4 %

TEMPERATURA DE MEZCLA : 150 °C

TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN: 140 °C

III. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

CARACTERISTICA	UND	DISEÑO	ESPECIFICACION
DENSIDAD BULK	kg/m^3	---	---
ESTABILIDAD	kg	1640	900
VACIOS CON AIRE	%	4	4-6
VACIOS LLENOS DE ASFALTO	%	73	65-75
FLUJO	mm	3.6	2-3.5
VACIOS EN AGREG. MINERAL	min	14.3	≥ 15

IV. OBSERVACIONES

Diseño de mezcla asfáltica sin Cal.
La dosificación fue asignada por el cliente.
Especificaciones IDU Tabla 510.7

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/-

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVER
FACULTAD DE INGEN
DEPARTAMENTO INGENIERÍA
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.B
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5373 Fax: Ext

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 7

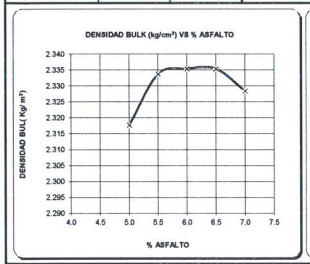
Suplemento al informe LAB_P024 Y P025 (11)_13 (1) de fecha 06 de Mayo de 2013.

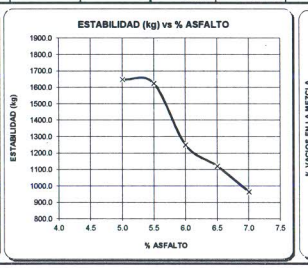
CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025 -13(11) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039
REFERENCIA: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7. **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2013-04-11
LOCALIZACIÓN: --- **FECHA DE ENSAYO:** 2013-04-22
DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MD 12, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Barranca.
MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

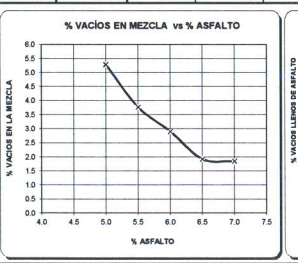
Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural(Rio Coello):	Muestras 2-4-5-6 (gruesos)	Gs	2.574
Arena de peña (Ingescol Soacha):	024-025-7	Gs	2.509
Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar).	024 - 025-3	Gs	2.560
Ligante asfáltico Barrancabermeja	024-025-1	Gs	

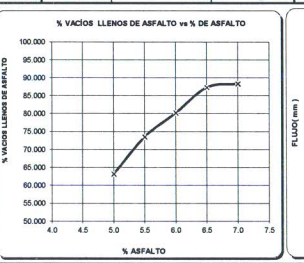
Gs ASFALTO : 1.008
Gs AGREGADOS PARA DISEÑO : 2.570

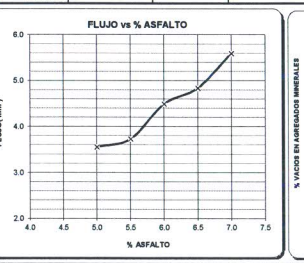
MEZCLA No.	% DE ASFALTO	% ASFALTO DISEÑO	PESO EN GRAMOS			PESO ESPECIFICO			ASFALTO ABSORBIDO %	VOLUMEN - % TOTAL			VACÍOS EN AGREGADOS MINERALES	% DE ASFALTO EFECTIVO	PESO UNITARIO g/cm³	% DE VACÍOS LLENOS DE ASFALTO	CARGA (kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	ESTABILIDAD (kg)	FLUJO mm	RELACIO ESTABILID FLUJO
			SECA EN AIRE	S.S.S EN AIRE	EN AGUA	BULK	MÁXIMO TEÓRICO	MÁXIMO MEDIDO	ASFALTO ABSORBIDO %	AGREGADOS	VACÍOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO										
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	L	m	n	o	p							kg/mm
						$\frac{d}{e-f}$			$\frac{(i-h)\,10}{h\,(100-b)}$	$\frac{(100-b)\,g}{G\,agr}$	$\left(1-\frac{g}{i}\right)*100$	100 - K - L	100 - K	$b-\frac{J\,(100-b)}{100}$		(m / n)*100						
1	5.0	5.0	1172.8	1178.1	669.6	2.309											1524	0.998	1521		3.8	400
2	5.0	5.0	1181.5	1184.5	673.1	2.313											1660	0.975	1619		3.8	426
3	5.0	5.0	1183.9	1186.4	677.9	2.331											1806	0.998	1802		3.1	590
PROMEDIO						**2.318**	**2.385**	**2.447**	**1.112**	**85.66**	**5.29**	**9.05**	**14.34**	**3.94**	**2.318**	**63.137**				**1,647**	**3.6**	**472**
1	5.5	5.5	1182.6	1184.2	679.0	2.343											1621	1.000	1621		3.6	455
2	5.5	5.5	1179.2	1181.3	678.0	2.345											1626	1.000	1626		3.8	426
3	5.5	5.5	1179.4	1185.4	675.0	2.313											1619	1.003	1624		3.8	426
PROMEDIO						**2.334**	**2.368**	**2.425**	**1.045**	**85.80**	**3.77**	**10.43**	**14.20**	**4.51**	**2.334**	**73.478**				**1,624**	**3.7**	**441**
1	6.0	6.0	1178.7	1180.3	674.3	2.332											1169	1.000	1169		4.6	255
2	6.0	6.0	1177.1	1178.7	674.7	2.338											1284	1.008	1294		4.6	283
3	6.0	6.0	1180.2	1881.5	672.1	2.336											1297	0.990	1284		4.3	297
PROMEDIO						**2.335**	**2.351**	**2.405**	**1.007**	**85.41**	**2.90**	**11.70**	**14.59**	**5.05**	**2.335**	**80.151**				**1,249**	**4.5**	**269**
1	6.5	6.5	1176.4	1177.6	671.9	2.329											1136	1.008	1145		4.8	237
2	6.5	6.5	1165.5	1166.4	667.3	2.338											1049	1.032	1083		4.8	224
3	6.5	6.5	1179.0	1179.7	675.1	2.339											1114	1.016	1132		4.8	234
PROMEDIO						**2.335**	**2.335**	**2.381**	**0.887**	**84.95**	**1.92**	**13.13**	**15.05**	**5.67**	**2.335**	**87.254**				**1,120**	**4.8**	**230**
1	7.0	7.0	1165.4	1165.9	667.0	2.338											952	1.046	996		5.1	196
2	7.0	7.0	1165.6	1166.3	664.1	2.323											945	1.027	971		5.8	166
3	7.0	7.0	1178.6	1179.3	671.7	2.324											905	1.021	924		5.8	158
PROMEDIO						**2.328**	**2.319**	**2.372**	**1.045**	**84.24**	**1.84**	**13.91**	**15.76**	**6.03**	**2.328**	**88.316**				**964**	**5.6**	**181**

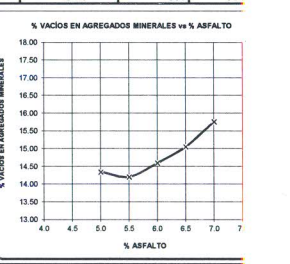












OBSERVACIONES

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

2/2

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN P024-13 Y P025-13(11) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: 024 Y 25-1_2_3_4_5_6_7.
Descripción: Mezcla asfaltica MD 12 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja.

Fecha recepción: 2013-04-11

Fecha de ensayo: 2013-04-22

Tipo de Mezcla MD-12 - 5.0% Asfalto 60-70.

Método Utilizado A

Briqueta No			41	42	43	----	----
Temperatura del agua		°C	19	19.1	19.1	----	----
Temperatura ambiente		°C	21	20.8	20.8	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1172.8	1181.5	1183.9	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1178.1	1184.5	1186.4	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	669.6	673.1	677.9	----	----
Constante de corrección k			1.001364	1.001364	1.001364	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$			2.309 ± 0.019 *	2.313 ± 0.019 *	2.331 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	2301.8 ± 19.3 *	2305.7 ± 19.3 *	2323.6 ± 19.5 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	1.042 ± 0.461 *	0.587 ± 0.259 *	0.492 ± 0.217 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla ----

Método Utilizado ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

Vo Bo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 Y P025-13(11)	**PROYECTO:** IDU 038 Y 039		
Referencia: 024 Y 25-1_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MD 12 con ligante asfáltico 60 -70		Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción: Barrancabermeja.		Fecha de ensayo:	2013-04-22

Tipo de Mezcla: MD-12 - 5.5% Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No		46	47	48	----	----
Temperatura del agua	°C	19	19.1	19.1	----	----
Temperatura ambiente	°C	21	20.8	20.8	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1182.6	1179.2	1179.4	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1184.2	1181.3	1185.4	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	679.0	678	675	----	----
Constante de corrección k		1.001364	1.001364	1.001364	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$		2.343 ± 0.019 *	2.345 ± 0.019 *	2.313 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$	kg/m^3	2336.2 ± 19.6 *	2338.3 ± 19.6 *	2306.1 ± 19.3 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	0.317 ± 0.140 *	0.417 ± 0.184 *	1.176 ± 0.519 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente	°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$		---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$	kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN P024-13 Y P025-13(11) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: 024 Y 25-1_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MD 12 con ligante asfáltico 60 -70
Descripción: Barrancabermeja.

Fecha recepción: 2013-04-11
Fecha de ensayo: 2013-04-22

Tipo de Mezcla: MD-12 - 6.0% Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No			49	51	52	----	----
Temperatura del agua		°C	19	19.1	19.1	----	----
Temperatura ambiente		°C	21	20.8	20.8	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1178.7	1177.1	1180.2	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1180.3	1178.7	1181.5	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	674.3	674.7	675.7	----	----
Constante de corrección k			1.001364	1.001364	1.001364	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.332 ± 0.019 *	2.338 ± 0.019 *	2.336 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2324.8 ± 19.5 *	2330.9 ± 19.5 *	2328.7 ± 19.5 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.316 ± 0.140 *	0.317 ± 0.140 *	0.257 ± 0.114 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN	P024-13 Y P025-13	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 25-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MD 12 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja.	Fecha de ensayo:	2013-04-22

Tipo de Mezcla: MD-12 - 6.5% Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No			53	54	55	----	----
Temperatura del agua		°C	19	19.21	19.1	----	----
Temperatura ambiente		°C	21	20.8	20.8	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1176.4	1165.5	1179	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1177.6	1166.4	1179.7	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	671.9	667.3	675.1	----	----
Constante de corrección k			1.001364	1.001364	1.001364	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.329 ± 0.019 *	2.338 ± 0.019 *	2.339 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2321.6 ± 19.4 *	2330.6 ± 19.5 *	2331.8 ± 19.5 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.237 ± 0.105 *	0.180 ± 0.080 *	0.139 ± 0.061 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN P024-13 Y P025-13(11)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039	
Referencia: 024 Y 25-1_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MD 12 con ligante asfáltico 60 -70		Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción: Barrancabermeja.		Fecha de ensayo:	2013-04-22

Tipo de Mezcla: MD-12 - 7.0% Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No		58	59	60	----	----
Temperatura del agua	°C	19	19.1	19.1	----	----
Temperatura ambiente	°C	21	20.8	20.8	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1165.4	1165.6	1178.6	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1165.9	1166.3	1179.3	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	667.0	664.1	671.7	----	----
Constante de corrección k		1.001364	1.001364	1.001364	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$		2.338 ± 0.019 *	2.323 ± 0.019 *	2.324 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	2331.3 ± 19.5 *	2316.4 ± 19.4 *	2317.3 ± 19.4 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	0.100 ± 0.044 *	0.139 ± 0.062 *	0.138 ± 0.061 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente	°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$		---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

Vo.Bo.
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 Y P025-13(11)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 25-1_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfáltica MD-12 con 5.0 % Asfalto 60 -70	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Barrancabermeja	Fecha de ensayo:	2013-04-15

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento:

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2383.6	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8757.6	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7348.0	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.447 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO ELÁSTICO - CURVA MAESTRA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-03 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 749-07

CODIGO ORDEN:)24 Y P025 (13) **PROYECTO:** PROYECTO IDU

Referencia: 024 y 025 **Fecha Recepción:** 2013-04-11

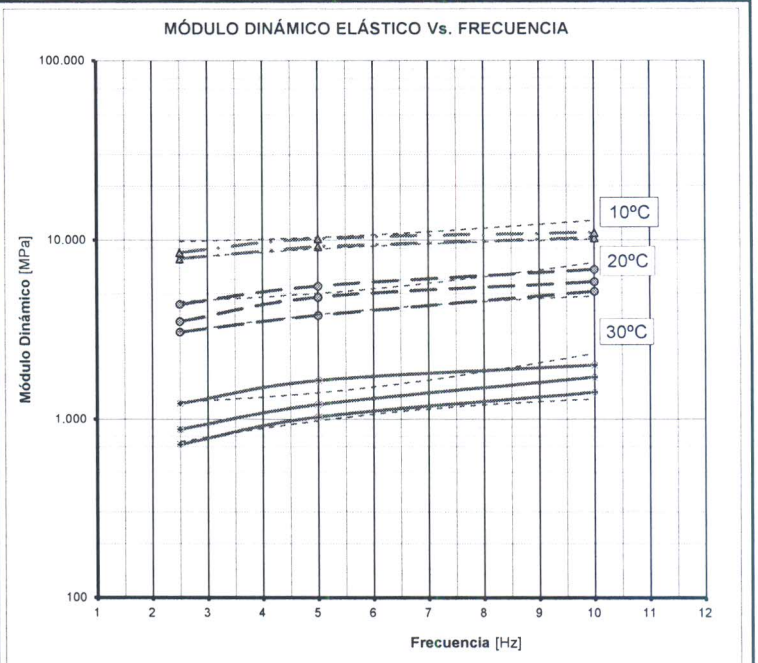
Descripción: Briquetas tipo Marshall MD-12, con cemento asfáltico Barrancabermeja 60-70 **Fecha de Ensayo:** 2013-04-08

Muestra: Briquetas 1-1, 1-2 y 1-3.

Ts = 10 °C

T [°C]	Referencia	f [Hz]	X	Módulo Dinámico [MPa]
10	1-1.	2,50	0,92	9454,00
		5,00	1,61	10760,50
		10,00	2,30	12543,00
	1-2.	2,50	0,92	7850,50
		5,00	1,61	9193,50
		10,00	2,30	10261,50
	1-3.	2,50	0,92	8497,00
		5,00	1,61	10166,00
		10,00	2,30	11005,50
20	1-1.	2,50	-2,12	4365,50
		5,00	-1,43	5514,50
		10,00	-0,73	6837,50
	1-2.	2,50	-2,12	3061,00
		5,00	-1,43	3787,00
		10,00	-0,73	5145,00
	1-3.	2,50	-2,12	3508,00
		5,00	-1,43	4772,50
		10,00	-0,73	5819,00
30	1-1.	2,50	-4,96	1221,00
		5,00	-4,26	1643,00
		10,00	-3,57	1998,50
	1-2.	2,50	-4,96	720,50
		5,00	-4,26	1028,50
		10,00	-3,57	1413,00
	1-3.	2,50	-4,96	877,00
		5,00	-4,26	1207,00
		10,00	-3,57	1714,50

ISOTERMAS

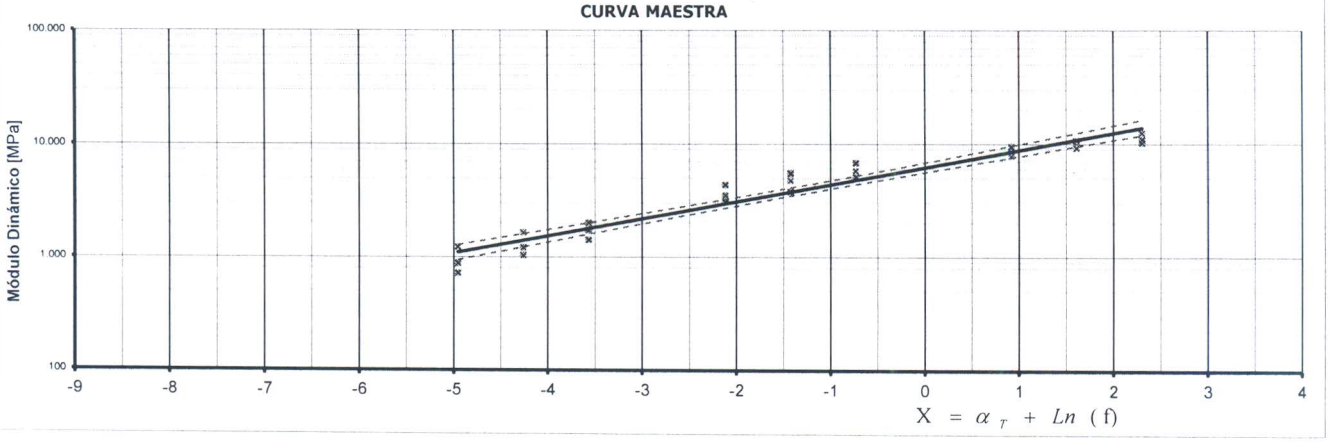


$$X = \alpha_T + Ln(f)$$

$$\alpha_T = 2{,}52 \cdot 10^4 \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)$$

X = Parámetro de reducción de la Curva Maestra.
α_T = factor de modificación en función de la temperatura.
f = frecuencia de la prueba en Hz.
T= Temperatura absoluta de la prueba (T=T°C+273,15).
Ts= Temperatura absoluta de referencia (Ts=Ts°C+273,15).

CURVA MAESTRA



OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: TECNÓLOGO

Vo.Bo.
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO ELÁSTICO - CURVA MAESTRA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-03 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 749-07

CODIGO ORDEN: P025-13 **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024-P025-MD_12-Asfálto N°1 **Fecha Recepción:** 2013-04-11

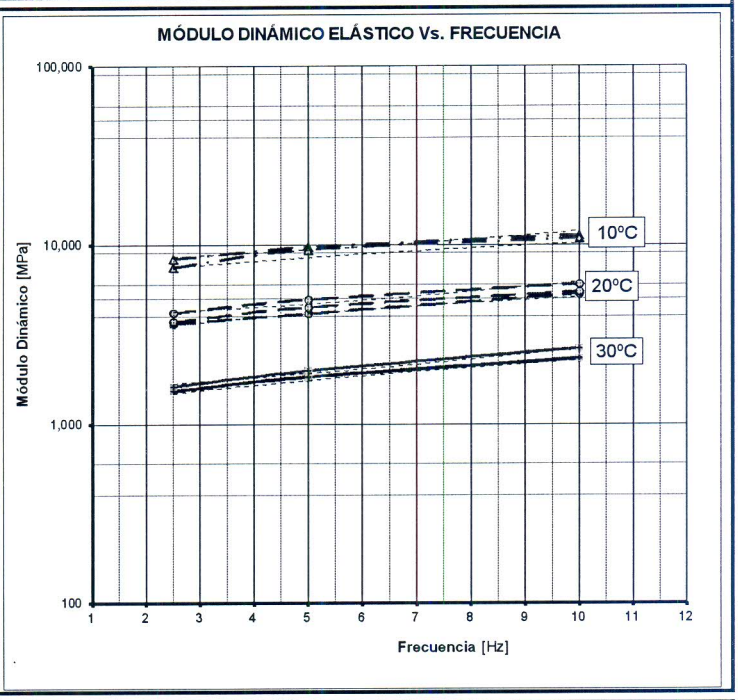
Descripción: Briqueta Tipo Marshall. **Fecha de Ensayo:** 2013-05-28

Muestra: MD-12 con asfálto Barrancabermeja 60-70 (STOA)

Ts = 10 °C

T [°C]	Referencia	f [Hz]	X	Módulo Dinámico [MPa]
10	P024-P025_1_1	2.50	0.92	7577.50
		5.00	1.61	8778.50
		10.00	2.30	10477.50
	P024-P025_2_2	2.50	0.92	8316.00
		5.00	1.61	9734.50
		10.00	2.30	11283.00
	P024-P025_3_3	2.50	0.92	7464.00
		5.00	1.61	9345.50
		10.00	2.30	10827.50
20	P024-P025_2_1	2.50	-2.12	3610.50
		5.00	-1.43	4121.00
		10.00	-0.73	5302.50
	P024-P025_2_2	2.50	-2.12	4160.50
		5.00	-1.43	4932.50
		10.00	-0.73	6011.50
	P024-P025_2_3	2.50	-2.12	3708.00
		5.00	-1.43	4469.50
		10.00	-0.73	5452.50
30	P024-P025_3_1	2.50	-4.96	1529.50
		5.00	-4.26	1824.50
		10.00	-3.57	2312.50
	P024-P025_3_2	2.50	-4.96	1620.50
		5.00	-4.26	1978.50
		10.00	-3.57	2642.00
	P024-P025_3_3	2.50	-4.96	1524.50
		5.00	-4.26	1834.50
		10.00	-3.57	2323.50

ISOTERMAS

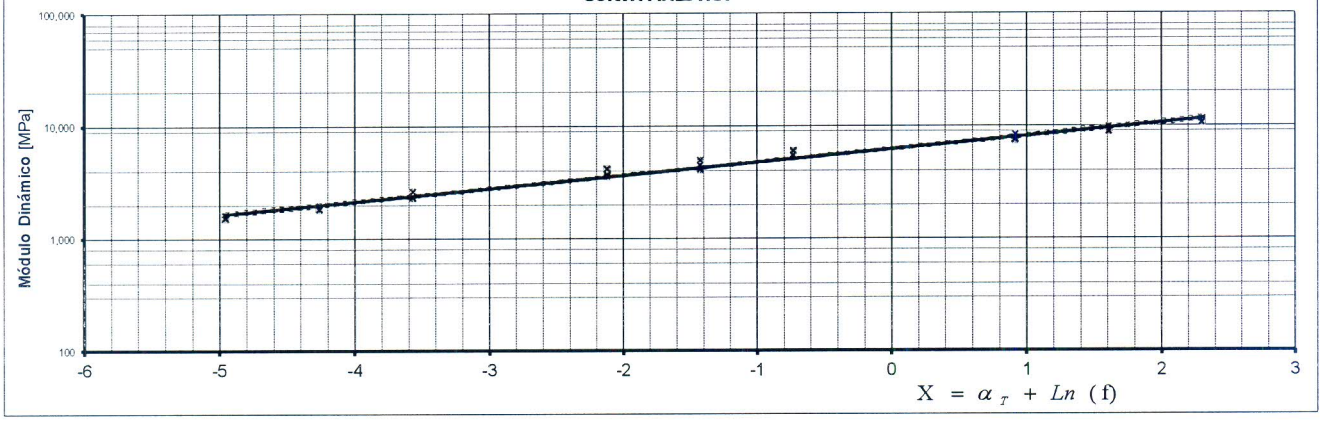


$$X = \alpha_T + Ln(f)$$

$$\alpha_T = 2{,}52 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)$$

X = Parámetro de reducción de la Curva Maestra.
α_T = factor de modificación en función de la temperatura.
f = frecuencia de la prueba en Hz.
T= Temperatura absoluta de la prueba (T=T°C+273,15).
Ts= Temperatura absoluta de referencia (Ts=Ts°C+273,15).

CURVA MAESTRA



OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:COORDINADOR DE LABORATORIO

HERMES ARIEL VACCA
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/2

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

Suplemento al informe LAB_P024 Y P025(13)_13(4) de fecha 19 de Junio de 2013

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13 (13) **PROYECTO:** **IDU 038 Y 039**

Referencia: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7.
Descripción: Briquetas Tipo Marshall.(STOA)
Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico
Muestra: Barrancabermeja

Fecha Recepción: 2013-04-11
Fecha de Ensayo: 2013-11-22

MUESTRA	TEMP. [°C]	FREC. [Hz]	σ_{max} [kPa]	ε_0 ; N 100 [$\mu\varepsilon$]	S_{me} [MPa]	Ciclos de falla N_f	OBSERVACIONES
1_2	20	2.5	600	891	1,381	609	
1_5	20	2.5	400	368	2,231	6,171	
1_6	20	2.5	350	781	919	1,594	
1_7	20	2.5	300	408	1,509	19,015	
1_8	20	2.5	300	265	2,323	39,711	
1_10	20	2.5	200	299	1,371	39,504	
1_11	20	2.5	200	217	1,888	148,553	
1_13	20	2.5	100	99	2,072	2,019,609	
1_14	20	2.5	100	223	918	760,504	

$$\varepsilon_{x,\max} = \frac{\sigma_{x,\max} \cdot (1+3\cdot\nu)}{S_{me}} \cdot 1.000$$

$\varepsilon_{x,\max}$: Deformación inicial horizontal máxima de tensión en el centro de la muestra
$\sigma_{x,\max}$: Esfuerzo máximo de tensión aplicado en el centro de la muestra
S_{me} : Módulo Dinámico Elástico bajo un esfuerzo controlado de
ν : Relación de Poisson's asumida como 0,35

Nota 1: ***si R^2 <0,90*** se debe ensayar una nueva muestra y agregarla al rango de datos, si después de agregar 10 datos nuevos ***R^2 < 0,90***, se debe reportar un informe con el significado estadístico de los datos.

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/2

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

INFORME DE ENSAYO

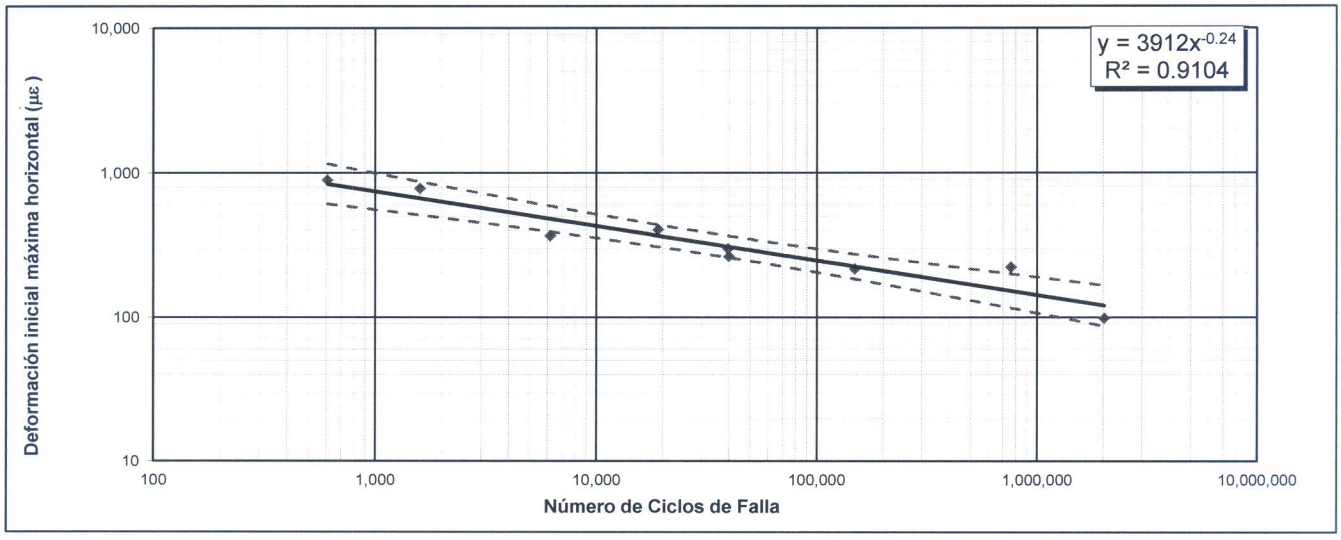
INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04 | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

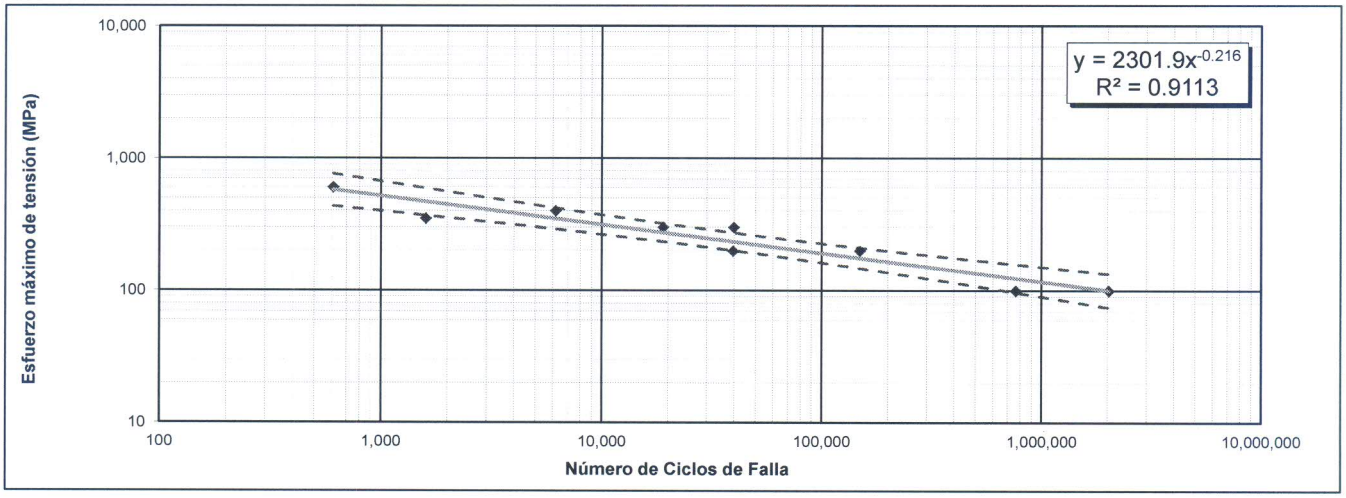
Suplemento al informe LAB_P024 Y P025(13)_13(4) de fecha 19 de Junio de 2013

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13 (13) | **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7.
Descripción: Briquetas Tipo Marshall.(STOA)
Localización: ----
Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

Fecha Recepción: 2013-04-11
Fecha de Ensayo: 2013-11-22





OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 y 025(13)-13 PROYECTO: IDU 038 - 039

Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7_11.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Cal marca CALCO,Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60/70.

Fecha de recepción: 2013-04-11

Fecha de ensayo: 2013-05-02

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	6	1	4
Altura del espécimen (mm)	69,7	68,1	68,2
Diametro del espécimen (mm)	100,0	100,0	100,0
Vacios (%)	7,2	6,6	6,6
Promedio Vacios (%)		6,8	
Lectura de carga (kg)	987	1130	1250
Carga Máxima (N)	9682,5	11085,3	12262,5
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	884,6	1036,9	1144,1

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **1021,9**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	2	3	5
Altura del espécimen (mm)	70,1	68,8	69,5
Diametro del espécimen (mm)	100,0	100,0	100,0
Vacios (%)	7,2	6,8	6,9
Promedio Vacios (%)		7,0	
Lectura de carga (kg)	958	894	1073
Carga Máxima (N)	9398,0	8770,1	10526,1
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	854,0	812,0	964,4

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **876,8**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)=** **85,8**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/16

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 y 025(13)-13 | PROYECTO: IDU 038 - 039

Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7_11.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Cal marca CALCO,Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60/70.

Fecha de recepción: 2013-04-11

Fecha de ensayo: 2013-05-02

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	2	3	5
Peso del espécimen seco al aire (g)	1192,2	1186,7	1188,2
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1221,1	1212,6	1213,2
Volumen de agua absorbida (cm^3)	28,9	25,9	25,0
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	527,4	525,9	526,8
Volumen de vacios (cm^3)	38,0	35,8	36,3
Saturación (%)	76,1	72,4	68,8
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)	**72,4**		
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1226,4	1217,5	1218,9
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	34,2	30,8	30,7
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	90,1	86,1	84,5
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)	**86,9**		

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/16

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 y 025(13)-13 | PROYECTO: IDU 038 - 039

Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7_11.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Cal marca CALCO,Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60/70.

Fecha de recepción: 2013-04-11

Fecha de ensayo: 2013-05-02

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	2	3	5
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	683,3	676,6	678,9
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	537,8	536,0	534,3
Hinchamiento (%)	2,0	1,9	1,4
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**1,8**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	690,5	678,5	679,3
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	535,9	539,0	539,6
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	1,6	2,5	2,4
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**2,2**		

OBSERVACIONES: Mezcla asfáltica con Cal.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/16

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF2-02

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
04-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN: P024 y 025(13)-13	PROYECTO: IDU 038 Y 039
Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7_11.	Fecha de ensayo: 2013-04-30
Descripción: Briquetas Tipo marshall	Fecha de recepción: 2013-04-11

Referencia	1	2	3
Gravedad específica bulk	2,198	2,184	2,194
Gravedad específica máxima teórica	2,353	2,353	2,353
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6,6%	7,2%	6,8%

OBSERVACIONES:

Referencia	4	5	6
Gravedad específica bulk	2,198	2,190	2,184
Gravedad específica máxima teórica	2,353	2,353	2,353
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6,6%	6,9%	7,2%

OBSERVACIONES:

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/16

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN P024 Y P025(13)-13	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039	
Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7_11.		Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción: Briquetas Tipo marshall .		Fecha de ensayo:	2013-04-30

Tipo de Mezcla MD-12 asfalto 60/70 Barrancabermeja con cal. Método Utilizado A

Briqueta No			1	2	3	----	----
Temperatura del agua		°C	20	20	19,7	----	----
Temperatura ambiente		°C	22	22	21,7	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1189,0	1192,4	1186,7	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1193,3	1196,1	1192	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	651,9	649,6	650,5	----	----
Constante de corrección k			1,001364	1,001364	1,001364	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2,198 ± 0,018*	2,184 ± 0,018*	2,194 ± 0,018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2191,9 ± 18,4*	2177,6 ± 18,2*	2187,2 ± 18,3*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0,794 ± 0,351*	0,677 ± 0,299*	0,979 ± 0,433*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla ---- Método Utilizado ---

Briqueta No			4	5	6	----	----
Temperatura del agua		°C	19,7	19,7	17,6	----	----
Temperatura ambiente		°C	21,7	21,7	19,9	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1188,2	1188,2	1188,6	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1192,2	1191,5	1195,1	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	651,0	648,4	650,1	----	----
Constante de corrección k			1,001364	1,001364	1,001734	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2,198 ± 0,018*	2,190 ± 0,018*	2,184 ± 0,018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2191,2 ± 18,4*	2183,5 ± 18,3*	2177,2 ± 18,2*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0,739 ± 0,327*	0,608 ± 0,269*	1,193 ± 0,527*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

5/16

LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 y 025(13)-13 PROYECTO: IDU 038 - 039

Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60/70.

Fecha de recepción: 2013-04-11

Fecha de ensayo: 2013-05-02

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	6	1	5
Altura del espécimen (mm)	69,4	68,7	68,3
Diametro del espécimen (mm)	100,0	100,0	100,0
Vacios (%)	7,4	6,6	6,5
Promedio Vacios (%)		6,8	
Lectura de carga (kg)	605	859	1219
Carga Máxima (N)	5935,1	8426,8	11958,4
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	544,4	780,8	1114,8

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **813,3**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	2	3	4
Altura del espécimen (mm)	69,7	68,8	69,5
Diametro del espécimen (mm)	100,0	100,0	100,0
Vacios (%)	7,7	6,7	7,5
Promedio Vacios (%)		7,3	
Lectura de carga (kg)	587	743	1035
Carga Máxima (N)	5758,5	7288,8	10153,4
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	525,9	674,8	930,3

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **710,3**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)= 87,3**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

6/16

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 y 025(13)-13	PROYECTO:	IDU 038 - 039
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60/70.	Fecha de ensayo:	2013-05-02

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	2	3	4
Peso del espécimen seco al aire (g)	1192,7	1194,7	1191,0
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1221,9	1216,9	1219,8
Volumen de agua absorbida (cm^3)	29,2	22,2	28,8
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	533,7	528,6	532,0
Volumen de vacios (cm^3)	41,1	35,4	39,9
Saturación (%)	71,1	62,7	72,2
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)	**68,6**		
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1231,4	1224,9	1226,8
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	38,7	30,2	35,8
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	94,2	85,3	89,7
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)	**89,7**		

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

7/16

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 y 025(13)-13	PROYECTO:	IDU 038 - 039
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60/70.	Fecha de ensayo:	2013-05-02

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	2	3	4
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	677,1	677,9	677,9
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	544,8	539,0	541,9
Hinchamiento (%)	2,1	2,0	1,9
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**2,0**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	679,8	681,8	680,8
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	551,6	543,1	546,0
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	3,4	2,7	2,6
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**2,9**		

OBSERVACIONES: Mezcla asfáltica sin Cal.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

8/16

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF2-02

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN: P024 y 025(13)-13	PROYECTO: IDU 038 Y 039
Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de ensayo: 2013-04-30
Descripción: Briquetas Tipo marshall	Fecha de recepción: 2013-04-11

Referencia	1	2	3
Gravedad específica bulk	2,264	2,238	2,263
Gravedad específica máxima teórica	2,425	2,425	2,425
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6,6%	7,7%	6,7%

OBSERVACIONES: _____

Referencia	4	5	6
Gravedad específica bulk	2,242	2,267	2,246
Gravedad específica máxima teórica	2,425	2,425	2,425
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7,5%	6,5%	7,4%

OBSERVACIONES: _____

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULO: CORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: ING. DE LABORATORIO

9/16

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 y 025(13)-13	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas tipo Marshall.	Fecha de ensayo:	2013-04-30

Tipo de Mezcla: MD-12 asfalto 60/70 Barrancabermeja sin cal. Método Utilizado: A

Briqueta No		1	2	3	----	----
Temperatura del agua	°C	18	18	17,6	----	----
Temperatura ambiente	°C	20	20	19,9	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1188,2	1192,7	1194,7	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1192,5	1195,8	1197,9	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	666,9	662,1	669,3	----	----
Constante de corrección k		1,001734	1,001734	1,001734	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$		2,264 ± 0,018*	2,238 ± 0,018*	2,263 ± 0,018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	2256,8 ± 18,9*	2230,9 ± 18,7*	2256,2 ± 18,9*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	0,818 ± 0,362*	0,581 ± 0,257*	0,605 ± 0,268*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No		4	5	6	----	----
Temperatura del agua	°C	17,6	17,6	18,0	----	----
Temperatura ambiente	°C	19,9	19,9	19,0	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1191,0	1188,9	1180	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1196,4	1192,3	1190,2	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	664,4	667,1	664,2	----	----
Constante de corrección k		1,001734	1,001734	1,001555	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$		2,242 ± 0,018*	2,267 ± 0,018*	2,246 ± 0,018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	2234,9 ± 18,7*	2259,8 ± 18,9*	2239,2 ± 18,8*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	1,015 ± 0,449*	0,647 ± 0,286*	1,939 ± 0,857*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 Y P025(13-13	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MD-12 60/70 Barrancabermeja sin cal.	Fecha de ensayo:	2013-04-30

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2374,4	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8743,2	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7348,0	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2,425 ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

11/16

LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 y 025(28)-13 | PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60-70 (STOA).

Fecha de recepción: 2013-07-24

Fecha de ensayo: 2013-08-02

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	3	6	8
Altura del espécimen (mm)	68.7	69.2	68.3
Diametro del espécimen (mm)	100.1	100.1	100.0
Vacios (%)	6.7	7.1	7.1
Promedio Vacios (%)		7.0	
Lectura de carga (kg)	1290	1280	1304
Carga Máxima (N)	12654.9	12556.8	12792.2
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	1171.4	1153.6	1192.3

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **1172.5**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	4	9	10
Altura del espécimen (mm)	68.4	68.8	68.7
Diametro del espécimen (mm)	100.1	103.4	100.1
Vacios (%)	6.4	7.4	7.2
Promedio Vacios (%)		7.0	
Lectura de carga (kg)	1054	1121	1082
Carga Máxima (N)	10339.7	10997.0	10614.4
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	961.6	984.0	982.5

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **976.0**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)=** **83.2**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

7/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 y 025(28)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja	Fecha de recepción:	2013-07-24
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-08-02

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	4	9	10
Peso del espécimen seco al aire (g)	1192.7	1186.8	1191.4
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1217.3	1214.1	1216.5
Volumen de agua absorbida (cm^3)	24.6	27.3	25.1
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	529.3	532.6	533.4
Volumen de vacios (cm^3)	33.9	39.4	38.4
Saturación (%)	72.6	69.3	65.4
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)	**69.1**		
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1222.4	1221.4	1224.7
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	29.7	34.6	33.3
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	87.7	87.8	86.7
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)	**87.4**		

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

8/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 y 025(28)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja	Fecha de recepción:	2013-07-24
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-08-02

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	4	9	10
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	684.3	677.9	680.3
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	533.0	536.2	536.2
Hinchamiento (%)	0.7	0.7	0.5
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**0.6**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	687.4	682.7	684.4
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	535.0	538.7	540.3
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	1.1	1.1	1.3
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**1.2**		

OBSERVACIONES: _____

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

9/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 y 025(28)-13	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-07-24
Descripción:	Briquetas tipo Marshall.	Fecha de ensayo:	2013-07-26

Tipo de Mezcla: MD-12 asfalto 60-70 Barrancabermeja (STOA). Método Utilizado: A

Briqueta No		3	4	6	----	----
Temperatura del agua	°C	20	20	19.5	----	----
Temperatura ambiente	°C	21	21	21.3	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1193.3	1192.7	1191.5	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1196.3	1195.2	1194.9	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	665.0	665.9	662.2	----	----
Constante de corrección k		1.001364	1.001364	1.001364	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		2.248 ± 0.018*	2.256 ± 0.018*	2.239 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	2241.6 ± 18.8*	2248.9 ± 18.8*	2232.3 ± 18.7*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	0.565 ± 0.250*	0.472 ± 0.209*	0.638 ± 0.282*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: MD-12 asfalto 60-70 Barrancabermeja (STOA). Método Utilizado: A

Briqueta No		8	9	10	----	----
Temperatura del agua	°C	19.5	19.5	20.2	----	----
Temperatura ambiente	°C	21.3	21.3	21.9	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1183.7	1186.8	1191.4	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1186.0	1189.4	1194.9	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	656.9	656.8	661.5	----	----
Constante de corrección k		1.001364	1.001364	1.001162	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		2.240 ± 0.018*	2.231 ± 0.018*	2.236 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	2232.8 ± 18.7*	2223.9 ± 18.6*	2228.8 ± 18.7*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	0.435 ± 0.192*	0.488 ± 0.216*	0.656 ± 0.290*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

10/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 Y P025(28)-13	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-07-24
Descripción:	Mezcla asfaltica MD-12 60-70 Barrancabermeja (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-08-08

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento:

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2389.0	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8746.9	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.0	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.410 ± 0.007 *	----- *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

11/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-02

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN: P024 y 025(28)-13

PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.

Fecha de ensayo: 2013-08-08

Descripción: Briquetas Tipo marshall

Fecha de recepción: 2013-07-24

Referencia	3	6	8
Gravedad específica bulk	2.248	2.239	2.240
Gravedad específica máxima teórica	2.410	2.410	2.410
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6.7%	7.1%	7.1%

OBSERVACIONES:

Referencia	4	9	10
Gravedad específica bulk	2.256	2.231	2.236
Gravedad específica máxima teórica	2.410	2.410	2.410
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6.4%	7.4%	7.2%

OBSERVACIONES:

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

12/12

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF3-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5255

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE LA PISTA DE ENSAYO DE LABORATORIO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INVE 756-07

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13(13) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

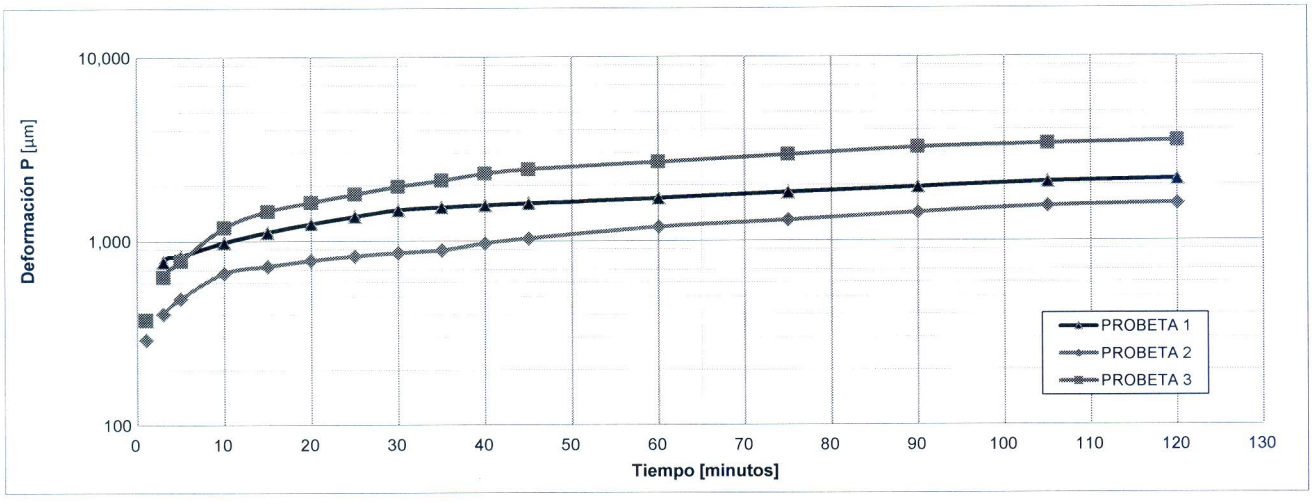
Referencia: P024-P025-1
Muestra: Mezcla asfáltica MD-12 Asfálto Barrancabermeja 60-70 (STOA)
Descripción: Panela de asfalto.

Fecha Recepción: 4/11/2013
Fecha de Ensayo: 8/7/2013

I. DATOS DE ENSAYO

Temperatura de ensayo:	(°C)	60
Presión de contacto	(kN/m^2)	900

II. RESULTADOS - GRAFICA DEFORMACIÓN VS TIEMPO



II. RESULTADOS

		Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Deformación total al final del ensayo	(µm)	2156.7	1593.3	3476.7
Velocidad en el intervalo 30 a 45 minutos, V30/45	(µm)/ min	8	11	33
Velocidad en el intervalo de 75 a 90 minutos, V75/90	(µm)/ min	8	9	17
Velocidad en el intervalo de 105 a 120 minutos, V105/120	(µm)/ min	5	4	8

OBSERVACIONES

JEISSON DUBIER HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

ANEXO G. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MD12 con asfalto Apiay 60-70

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MD12 con asfalto Apiay 60-70 listados a continuación:

- Diseño de mezcla asfáltica con adición de cal.
- Diseño de mezcla asfáltica sin adición de cal.
- Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de la mezcla asfáltica en su estado original.
- Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de las mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la fatiga a esfuerzo controlado a la mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad con adición de cal en su estado original.
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad sin adición de cal en su estado original.
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la deformación plástica de la mezcla asfáltica mediante la pista de ensayo de laboratorio sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÌA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5255

FORMATO AF2-08

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF 2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-98

CÓDIGO ORDEN: P025 Y P024 -13(11) **PROYECTO:** IDU 038 -039

REFERENCIA: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7.

LOCALIZACIÓN: ---

DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MD 12, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Apiay.

MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay

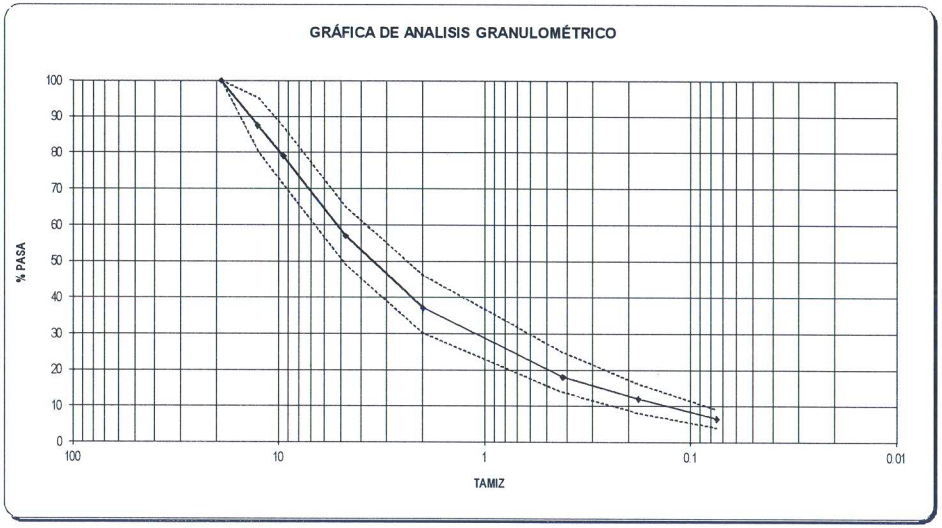
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-04-11

FECHA DE ENSAYO: 2013-04-23

I. GRADACIÓN COMBINADA PARA LA MEZCLA

Tamaño Tamiz pg / mm	Tamaño Tamiz - % Pasa 1" 25.4	3/4" 19.1	1/2" 12.7	3/8" 9.53	4 4.76	10 2	40 0.42	80 0.18	200 0.075	% Óptimo de c/material
COMBINACIÓN		100.0	87.5	79.0	57.0	37.0	18.0	12.0	6.5	100.0
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---
MEZCLA		100	88	79	57	37	18	12	7	

ESPECIFICACION		100	95	87	65	46	25	16	9
MD-12		100	80	71	49	30	14	8	4
Tamiz mm		19	12.5	9.5	4.75	2	0.425	0.18	0.075



II. DISEÑO DE LA MEZCLA

CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO : 5.2 %

TEMPERATURA DE MEZCLA : 150 °C

TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN: 140 °C

III. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

CARACTERISTICA	UND	DISEÑO	ESPECIFICACION
DENSIDAD BULK	kg/m^3	---	---
ESTABILIDAD	kg	1800	900
VACIOS CON AIRE	%	4.3	4-6
VACIOS LLENOS DE ASFALTO	%	72	65-75
FLUJO	mm	3.5	2-3.5
VACIOS EN AGREG. MINERAL	min	14.6	≥ 15

IV. OBSERVACIONES

Diseño de mezcla asfáltica sin Cal.
La dosificación fue asignada por el cliente.
Especificaciones IDU Tabla 510.7

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

25/1

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5373 Fax: Ext 5373

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CÓDIGO ORDEN: P025 Y P024 -13(11) **PROYECTO:** IDU 038 -039

REFERENCIA: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7. **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2013-04-11

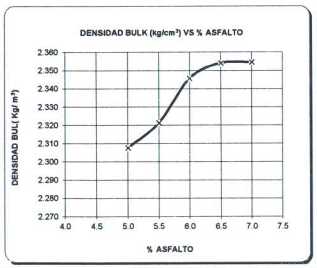
LOCALIZACIÓN: --- **FECHA DE ENSAYO:** 2013-04-23

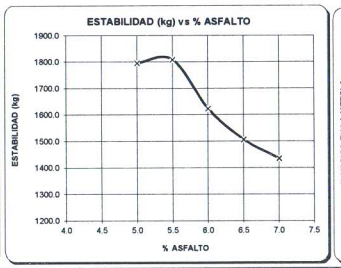
DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MD 12, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Apiay.

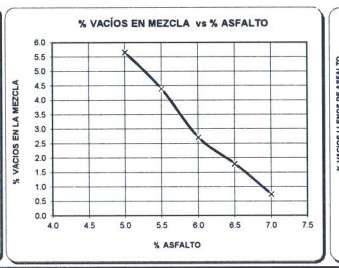
MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay

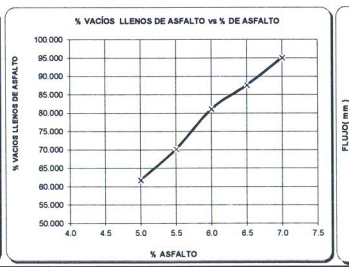
Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural(Rio Coello):	Muestras 2-4-5-6 (gruesos)	Gs	2.5735
Arena de peña (Ingescol Soacha):	024-025-7	Gs	2.509
Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar).	024 - 025-3	Gs	2.560
Ligante asfáltico Apiay	024-025-11 (cal)	Gs ASFALTO :	1.022
		Gs AGREGADOS PARA DISEÑO :	2.573

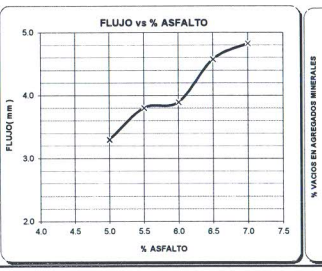
MEZCLA No.	% DE ASFALTO	% ASFALTO DISEÑO	PESO EN GRAMOS			PESO ESPECIFICO			ASFALTO ABSORBIDO %	VOLUMEN - % TOTAL			VACÍOS EN AGREGADOS MINERALES	% DE ASFALTO EFECTIVO	PESO UNITARIO g/cm³	% DE VACÍOS LLENOS DE ASFALTO						
			SECA EN AIRE	S.S.S EN AIRE	EN AGUA	BULK	MÁXIMO TEÓRICO	MÁXIMO MEDIDO		AGREGADOS	VACÍOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO					CARGA (kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	ESTABILIDAD (kg)	FLUJO mm	RELACIÓN ESTABILIAD FLUJO kg/mm
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	L	m	n	o	p					r	s	
						$\frac{d}{e-f}$			$\frac{(i-h)\,10}{h\,(100-b)}$	$\frac{(100-b)\,g}{G\,agr}$	$\left(1-\frac{g}{i}\right)*100$	100 - K - L	100 - K	$b-\frac{J\,(100-b)}{100}$		(m / n)*100						r/s
1	5.0	5.0	1193.2	1195.1	680.4	2.321											1914	0.970	1857		3.3	562.6
2	5.0	5.0	1210.4	1213.6	687.6	2.304											1850	0.945	1748		3.3	529.8
3	5.0	5.0	1178.3	1183.3	670.2	2.298											1831	0.973	1782		3.3	539.9
PROMEDIO						**2.308**	**2.392**	**2.446**	**0.980**	**85.20**	**5.66**	**9.14**	**14.80**	**4.07**	**2.308**	**61.778**	**1865**			**1,795**	**3.3**	**544.1**
1	5.5	5.5	1184.5	1189.9	677.4	2.314											1714	0.960	1645		3.8	433.0
2	5.5	5.5	1184.8	1188.0	677.3	2.321											1859	1.008	1874		3.8	493.2
3	5.5	5.5	1182.0	1185.0	677.3	2.329											1989	0.958	1905		3.8	501.4
PROMEDIO						**2.321**	**2.375**	**2.428**	**0.977**	**85.26**	**4.39**	**10.35**	**14.74**	**4.58**	**2.321**	**70.202**	**1854**			**1,808**	**3.8**	**475.9**
1	6.0	6.0	1161.9	1163.3	668.2	2.348											1681	1.024	1721		3.8	451.7
2	6.0	6.0	1178.2	1180.1	679.2	2.336											1689	1.008	1703		3.8	446.9
3	6.0	6.0	1178.9	1180.9	675.6	2.353											1439	1.005	1446		4.1	356.2
PROMEDIO						**2.346**	**2.358**	**2.411**	**0.987**	**85.69**	**2.71**	**11.60**	**14.31**	**5.07**	**2.346**	**81.057**	**1603**			**1,623**	**3.9**	**418.3**
1	6.5	6.5	1178.7	1179.7	681.2	2.366											1381	1.024	1414		5.1	278.4
2	6.5	6.5	1172.9	1173.8	677.5	2.364											1539	1.053	1621		4.3	375.1
3	6.5	6.5	1181.1	1182.4	680.5	2.354											1484	1.000	1484		4.3	343.5
PROMEDIO						**2.354**	**2.342**	**2.397**	**1.048**	**85.54**	**1.79**	**12.66**	**14.46**	**5.52**	**2.354**	**87.592**	**1468**			**1,506**	**4.6**	**332.3**
1	7.0	7.0	1167.2	1168.1	671.3	2.351											1291	1.084	1399		5.3	262.6
2	7.0	7.0	1177.2	1178.3	676.8	2.349											1415	1.049	1484		4.3	343.6
3	7.0	7.0	1178.3	1179.2	679.7	2.360											1357	1.046	1419		4.8	293.9
PROMEDIO						**2.355**	**2.326**	**2.372**	**0.898**	**85.10**	**0.74**	**14.16**	**14.90**	**6.16**	**2.355**	**95.048**	**1354**			**1,434**	**4.8**	**300.0**

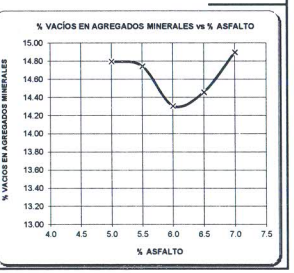












OBSERVACIONES

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: TECNÓLOGO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

95/2

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 Y P025-13(11) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7. Fecha recepción: 2013-04-11

Descripción: Mezcla asfaltica MD 12 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay. Fecha de ensayo: 2013-04-23

Tipo de Mezcla MD-12 - 5.0% Asfalto 60 -70. Método Utilizado A

Briqueta No			65	66	67	----	----
Temperatura del agua		°C	18	17.8	23.3	----	----
Temperatura ambiente		°C	19	18.8	21.4	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1193.2	1210.4	1178.3	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1195.1	1213.6	1183.3	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	680.4	687.6	670.2	----	----
Constante de corrección k			1.001734	1.001734	1.000495	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$			2.321 ± 0.019 *	2.304 ± 0.019 *	2.298 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$		kg/m^3	2314.3 ± 19.4 *	2297.2 ± 19.2 *	2290.7 ± 19.2 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.369 ± 0.163 *	0.608 ± 0.269 *	0.974 ± 0.431 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla ---- Método Utilizado ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO.

Vo Bo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN P024-13 Y P025-13(11)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039	
Referencia:	P024_P25-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MD 12 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay.	Fecha de ensayo:	2013-04-23

Tipo de Mezcla: MD-12 - 5.5% Asfalto 60 -70. Método Utilizado: A

Briqueta No		69	71	72	----	----
Temperatura del agua	°C	18	23.3	23.3	----	----
Temperatura ambiente	°C	19	21.4	21.4	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1184.5	1184.8	1182	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1189.9	1188	1185	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	677.4	677.3	677.3	----	----
Constante de corrección k		1.001734	1.000495	1.000495	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$		2.314 ± 0.019 *	2.321 ± 0.019 *	2.329 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	2307.3 ± 19.3 *	2314.1 ± 19.4 *	2322.3 ± 19.4 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	1.054 ± 0.466 *	0.627 ± 0.277 *	0.591 ± 0.261 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente	°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$		---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO.

Vo Bo DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN P024-13 Y P025-13(11)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039	
Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7.		Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción: Briquetas tipo Marshall.		Fecha de ensayo:	2013-04-22

Tipo de Mezcla: MD-12 - 6.0 % Asfalto 60 -70.

Método Utilizado: A

Briqueta No		73	74	75	----	----
Temperatura del agua	°C	23	17.8	23.3	----	----
Temperatura ambiente	°C	21	18.8	21.4	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1161.9	1178.9	1178.2	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1163.3	1180.9	1180.1	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	668.2	675.6	679.2	----	----
Constante de corrección k		1.000495	1.001734	1.000495	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$		2.348 ± 0.019 *	2.336 ± 0.019 *	2.353 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	2340.9 ± 19.6 *	2329.1 ± 19.5 *	2346.3 ± 19.6 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	0.283 ± 0.125 *	0.396 ± 0.175 *	0.379 ± 0.168 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ----

Método Utilizado: ---

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente	°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$		---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO.

Vo Bo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN P024-13 Y P025-13(11) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7.
Descripción: Briquetas tipo Marshall.

Fecha recepción: 2013-04-11
Fecha de ensayo: 2013-04-22

Tipo de Mezcla: MD-12 - 6.5% Asfalto 60 -70.

Método Utilizado: A

Briqueta No			77	78	79	----	----
Temperatura del agua		°C	23	23.3	23.3	----	----
Temperatura ambiente		°C	21	21.4	21.4	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1178.7	1172.9	1181.1	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1179.7	1173.8	1182.4	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	681.2	677.5	680.5	----	----
Constante de corrección k			1.000495	1.000495	1.000495	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$			2.366 ± 0.019 *	2.364 ± 0.019 *	2.354 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$		kg/m^3	2358.6 ± 19.8 *	2357.4 ± 19.7 *	2347.4 ± 19.7 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.201 ± 0.089 *	0.181 ± 0.080 *	0.259 ± 0.114 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ----

Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO.

Vo.Bo. Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN P024-13 Y P025-13(11)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039	
Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MD 12 con ligante asfáltico 60 -70		Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción: Apiay.		Fecha de ensayo:	2013-04-22

Tipo de Mezcla MD-12 - 7.0% Asfalto 60 -70. Método Utilizado A

Briqueta No		82	83	84	----	----
Temperatura del agua	°C	23	23.3	23.3	----	----
Temperatura ambiente	°C	21	21.4	21.4	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1167.2	1177.2	1178.3	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1168.1	1178.3	1179.2	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	671.3	676.8	679.7	----	----
Constante de corrección k		1.000495	1.000495	1.000495	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$		2.351 ± 0.019 *	2.349 ± 0.019 *	2.360 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$	kg/m^3	2343.5 ± 19.6 *	2341.5 ± 19.6 *	2353.0 ± 19.7 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	0.181 ± 0.080 *	0.219 ± 0.097 *	0.180 ± 0.080 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla ---- Método Utilizado ---

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente	°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$		---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$	kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO.

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

7/56

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 Y P025-13(11)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 25-10_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfáltica MD-12 con 5.0 % Asfalto 60 -70	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Apiay	Fecha de ensayo:	2013-04-22

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2365.4	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8744.8	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7346.5	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.446 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 Y P025-13(11)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 25-10_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfáltica MD-12 con 5.5 % Asfalto 60 -70	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Apiay	Fecha de ensayo:	2013-04-22

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2373.9	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8742.5	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7346.5	---	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.428 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO ELÁSTICO - CURVA MAESTRA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-03

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 749-07

CODIGO ORDEN:)24 Y P025 (13) | **PROYECTO:** PROYECTO IDU

Referencia: 024 y 025 | **Fecha Recepción:** 2013-04-11

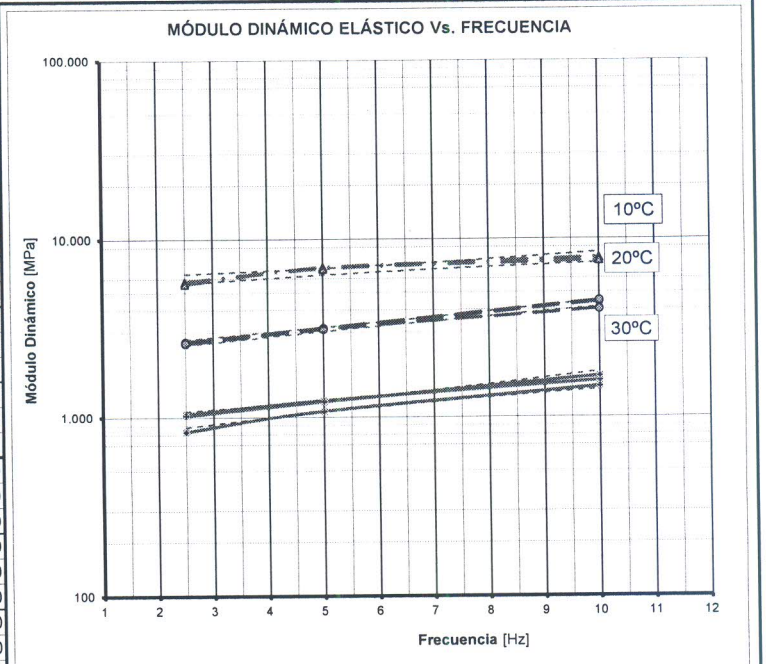
Descripción: Briquetas tipo Marshall MD-12, con cemento asfáltico Apiay 60-70 | **Fecha de Ensayo:** 2013-04-08

Muestra: Briquetas 10-1, 10-2 y 10-3.

Ts = 10 °C

T [°C]	Referencia	f [Hz]	X	Módulo Dinámico [MPa]
10	10-1.	2,50	0,92	5939,50
		5,00	1,61	7113,00
		10,00	2,30	7695,00
	10-2.	2,50	0,92	5781,00
		5,00	1,61	6982,50
		10,00	2,30	7846,00
	10-3.	2,50	0,92	5611,50
		5,00	1,61	6799,00
		10,00	2,30	7549,00
20	10-1.	2,50	-2,12	2595,00
		5,00	-1,43	3118,00
		10,00	-0,73	4418,50
	10-2.	2,50	-2,12	2663,00
		5,00	-1,43	3171,00
		10,00	-0,73	4486,00
	10-3.	2,50	-2,12	2615,50
		5,00	-1,43	3117,50
		10,00	-0,73	4024,00
30	10-1.	2,50	-4,96	1044,50
		5,00	-4,26	1236,00
		10,00	-3,57	1591,00
	10-2.	2,50	-4,96	1021,00
		5,00	-4,26	1217,50
		10,00	-3,57	1688,50
	10-3.	2,50	-4,96	828,50
		5,00	-4,26	1078,00
		10,00	-3,57	1474,50

ISOTERMAS

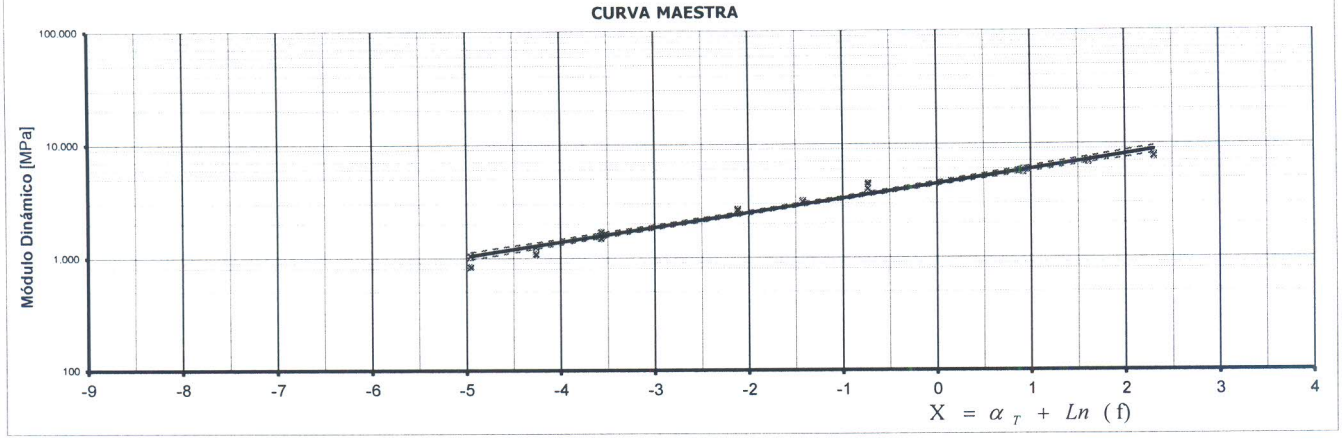


$$X = \alpha_T + Ln(f)$$

$$\alpha_T = 2{,}52 \cdot 10^{4} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)$$

X = Parámetro de reducción de la Curva Maestra.
α_T = factor de modificación en función de la temperatura.
f = frecuencia de la prueba en Hz.
T= Temperatura absoluta de la prueba (T=T°C+273,15).
Ts= Temperatura absoluta de referencia (Ts=Ts°C+273,15).

CURVA MAESTRA



OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: TECNÓLOGO

Vo Bo
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/2

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO ELÁSTICO - CURVA MAESTRA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-03 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 749-07

CODIGO ORDEN:)24 Y P025 (13) **PROYECTO:** PROYECTO IDU

Referencia: 024 y 025 **Fecha Recepción:** 2013-04-11

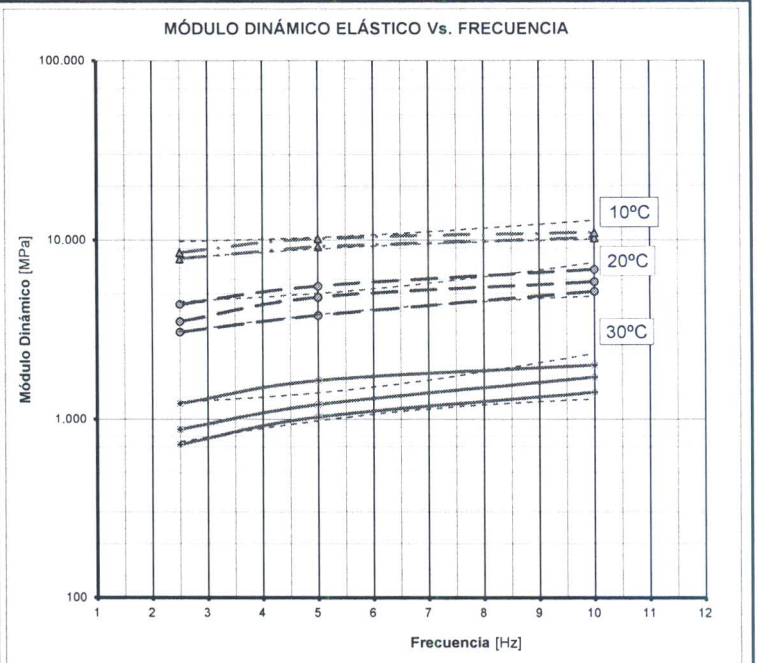
Descripción: Briquetas tipo Marshall MD-12, con cemento asfáltico Barrancabermeja 60-70 **Fecha de Ensayo:** 2013-04-08

Muestra: Briquetas 1-1, 1-2 y 1-3.

Ts = 10 °C

T [°C]	Referencia	f [Hz]	X	Módulo Dinámico [MPa]
10	1-1.	2,50	0,92	9454,00
		5,00	1,61	10760,50
		10,00	2,30	12543,00
	1-2.	2,50	0,92	7850,50
		5,00	1,61	9193,50
		10,00	2,30	10261,50
	1-3.	2,50	0,92	8497,00
		5,00	1,61	10166,00
		10,00	2,30	11005,50
20	1-1.	2,50	-2,12	4365,50
		5,00	-1,43	5514,50
		10,00	-0,73	6837,50
	1-2.	2,50	-2,12	3061,00
		5,00	-1,43	3787,00
		10,00	-0,73	5145,00
	1-3.	2,50	-2,12	3508,00
		5,00	-1,43	4772,50
		10,00	-0,73	5819,00
30	1-1.	2,50	-4,96	1221,00
		5,00	-4,26	1643,00
		10,00	-3,57	1998,50
	1-2.	2,50	-4,96	720,50
		5,00	-4,26	1028,50
		10,00	-3,57	1413,00
	1-3.	2,50	-4,96	877,00
		5,00	-4,26	1207,00
		10,00	-3,57	1714,50

ISOTERMAS

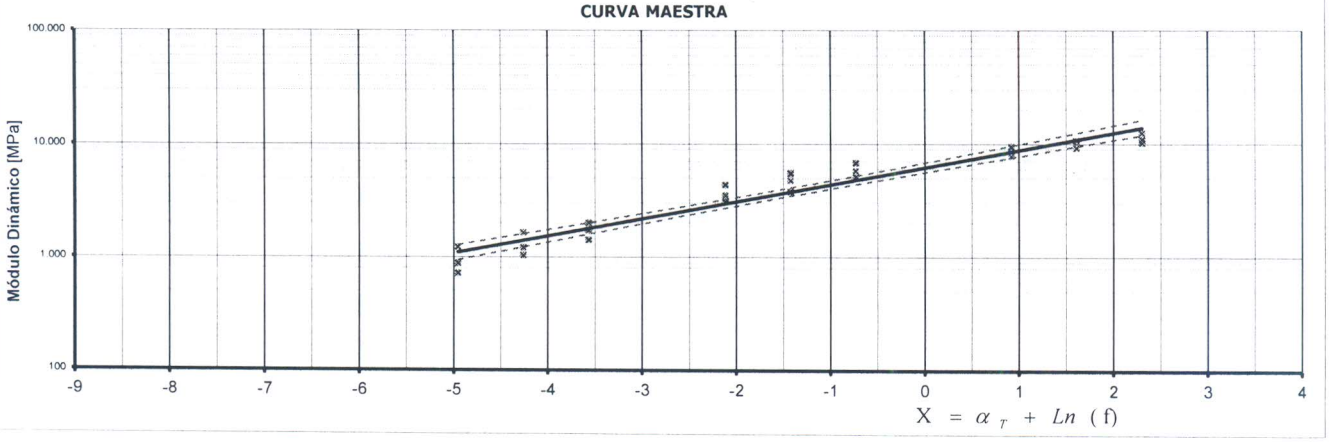


$$X = \alpha_T + Ln(f)$$

$$\alpha_T = 2{,}52 \cdot 10^4 \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)$$

X = Parámetro de reducción de la Curva Maestra.
α_T = factor de modificación en función de la temperatura.
f = frecuencia de la prueba en Hz.
T= Temperatura absoluta de la prueba (T=T°C+273,15).
Ts= Temperatura absoluta de referencia (Ts=Ts°C+273,15).

CURVA MAESTRA



OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: TECNÓLOGO

Vo.Bo.
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO ELÁSTICO - CURVA MAESTRA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-03 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 749-07

CODIGO ORDEN: P025-13 **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024-P025-10 **Fecha Recepción:** 2013-04-11

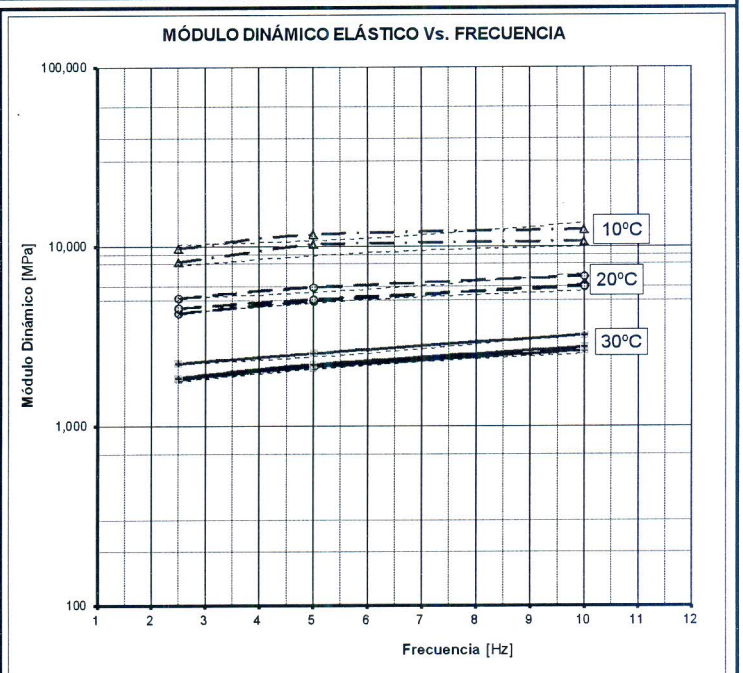
Descripción: Briqueta Tipo Marshall. **Fecha de Ensayo:** 2013-05-28

Muestra: MD-12 con asfálto Apiay 60 -70 (STOA)

Ts = 10 °C

T [°C]	Referencia	f [Hz]	X	Módulo Dinámico [MPa]
10	P024-P025_1_1	2.50	0.92	7544.00
		5.00	1.61	10140.00
		10.00	2.30	10764.50
	P024-P025_1_2	2.50	0.92	8175.00
		5.00	1.61	10274.50
		10.00	2.30	10610.50
	P024-P025_1_3	2.50	0.92	9687.00
		5.00	1.61	11620.00
		10.00	2.30	12408.00
20	P024-P025_2_1	2.50	-2.12	4224.50
		5.00	-1.43	4910.50
		10.00	-0.73	6068.00
	P024-P025_2_2	2.50	-2.12	4509.00
		5.00	-1.43	5051.50
		10.00	-0.73	5935.00
	P024-P025_2_3	2.50	-2.12	5130.50
		5.00	-1.43	5885.50
		10.00	-0.73	6790.00
30	P024-P025_3_1	2.50	-4.96	1813.50
		5.00	-4.26	2114.50
		10.00	-3.57	2616.50
	P024-P025_3_2	2.50	-4.96	1852.50
		5.00	-4.26	2188.50
		10.00	-3.57	2738.50
	P024-P025_3_3	2.50	-4.96	2223.00
		5.00	-4.26	2524.50
		10.00	-3.57	3198.00

ISOTERMAS

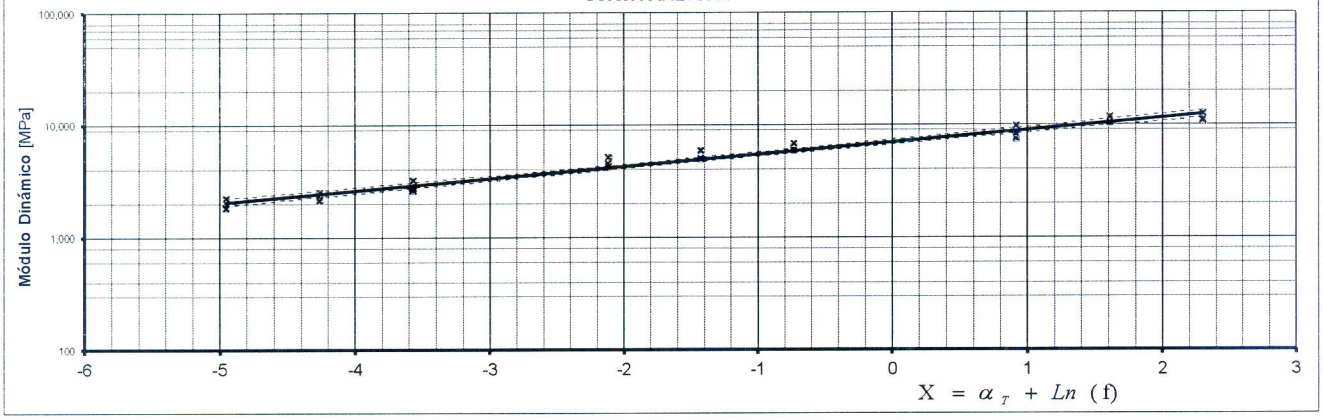


$$X = \alpha_T + Ln(f)$$

$$\alpha_T = 2{,}52 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)$$

X = Parámetro de reducción de la Curva Maestra.
α_T = factor de modificación en función de la temperatura.
f = frecuencia de la prueba en Hz.
T= Temperatura absoluta de la prueba (T=T°C+273,15).
Ts= Temperatura absoluta de referencia (Ts=Ts°C+273,15).

CURVA MAESTRA



OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

HERMES ARIEL VACCA
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/2

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

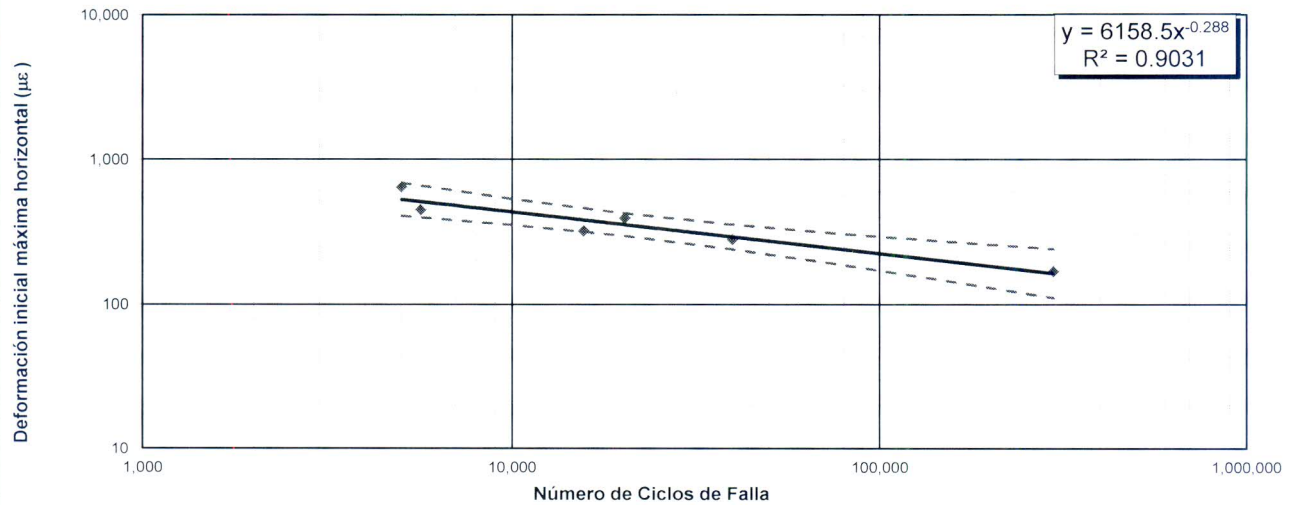
INFORME DE ENSAYO

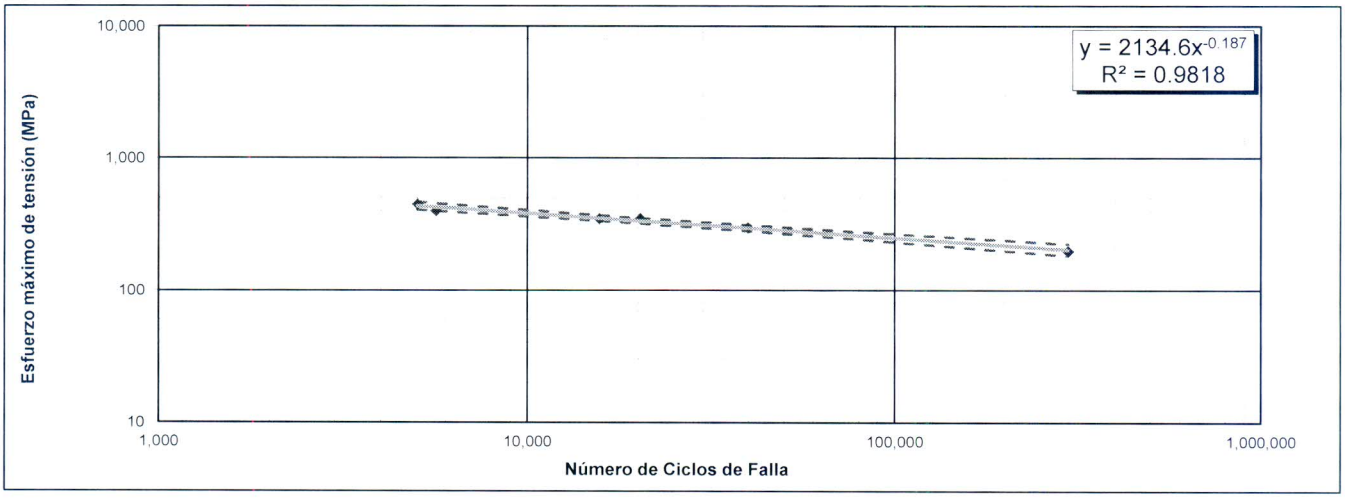
INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13 (13) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7.
Descripción: Briquetas Tipo Marshall.(STOA)
Localización: ----
Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico
Muestra: Apiay

Fecha Recepción: 2013-04-11
Fecha de Ensayo: 2013-07-18





OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13 (13) **PROYECTO: IDU 038 Y 039**

Referencia: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7.

Descripción: Briquetas Tipo Marshall.(STOA) Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico

Muestra: Apiay

Fecha Recepción: 2013-04-11

Fecha de Ensayo: 2013-07-18

MUESTRA	TEMP. [°C]	FREC. [Hz]	σ_{max} [kPa]	ε_o ; N 100 [$\mu\varepsilon$]	S_{me} [MPa]	Ciclos de falla N_f	OBSERVACIONES
1_1	20	2.5	450	645	1,431	5,019	
1_2	20	2.5	400	448	1,829	5,650	
1_3	20	2.5	350	394	1,819	20,250	
1_4	20	2.5	350	321	2,237	15,650	
1_5	20	2.5	300	280	2,197	39,750	
1_9	20	2.5	200	169	2,430	297,450	

$$\varepsilon_{x,max} = \frac{\sigma_{x,max} \cdot (1+3 \cdot \nu)}{S_{me}} \cdot 1.000$$

$\varepsilon_{x,max}$: Deformación inicial horizontal máxima de tensión en el centro de la muestra

$\sigma_{x,max}$: Esfuerzo máximo de tensión aplicado en el centro de la muestra

S_{me} : Módulo Dinámico Elástico bajo un esfuerzo controlado de

ν : Relación de Poisson's asumida como 0,35

Nota 1: ***si*** $R^2 < 0,90$ se debe ensayar una nueva muestra y agregarla al rango de datos, si después de agregar 10 datos nuevos $R^2 < 0,90$, se debe reportar un informe con el significado estadístico de los datos.

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 y 025(13)-13	PROYECTO:	IDU 038 - 039
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7_11		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Cal marca calco,Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfato 60/70.	Fecha de ensayo:	2013-05-08

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	5	7	8
Altura del espécimen (mm)	70,7	71,2	70,7
Diametro del espécimen (mm)	100,0	100,0	100,0
Vacios (%)	7,0	7,3	6,7
Promedio Vacios (%)	7,0		
Lectura de carga (kg)	1064	1041	1025
Carga Máxima (N)	10437,8	10212,2	10055,3
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	940,3	912,6	905,0

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **919,3**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	3	4	6
Altura del espécimen (mm)	70,1	70,5	70,4
Diametro del espécimen (mm)	100,0	100,0	100,0
Vacios (%)	7,0	7,4	7,9
Promedio Vacios (%)	7,4		
Lectura de carga (kg)	856	834	840
Carga Máxima (N)	8397,4	8181,5	8240,4
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	762,3	738,3	744,7

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **748,4**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)=** **81,4**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

12/16

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 y 025(13)-13 | PROYECTO: IDU 038 - 039

Referencia: P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7_11

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Cal marca calco,Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfato 60/70.

Fecha de recepción: 2013-04-11

Fecha de ensayo: 2013-05-08

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	3	4	6
Peso del espécimen seco al aire (g)	1186,5	1190,9	1188,3
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1214,4	1216,8	1215,1
Volumen de agua absorbida (cm^3)	27,9	25,9	26,8
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	533,7	528,6	532,0
Volumen de vacios (cm^3)	37,4	39,1	42,0
Saturación (%)	74,7	66,2	63,8
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)	**68,2**		
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1222,4	1228,8	1232,9
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	35,9	37,9	44,6
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	96,1	96,9	106,1
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)	**99,7**		

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

13/16

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 y 025(13)-13 | PROYECTO: IDU 038 - 039

Referencia: P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7_11

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Cal marca calco,Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfato 60/70.

Fecha de recepción: 2013-04-11

Fecha de ensayo: 2013-05-08

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	3	4	6
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	675,0	673,8	670,3
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	539,4	543,0	544,8
Hinchamiento (%)	1,1	2,7	2,4
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**2,1**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	683,9	687,5	687,6
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	538,5	541,3	545,3
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	0,9	2,4	2,5
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**1,9**		

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

14/16

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF2-02

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 Y P025(13)-13	PROYECTO: IDU 038 Y 039
Referencia: P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7_11	Fecha de ensayo: 2013-05-08
Descripción: Briquetas Tipo marshall	Fecha de recepción: 2013-04-11

Referencia	7	8	3
Gravedad específica bulk	2,200	2,215	2,207
Gravedad específica máxima teórica	2,374	2,374	2,374
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7,3%	6,7%	7,0%

OBSERVACIONES:

Referencia	4	5	6
Gravedad específica bulk	2,199	2,207	2,186
Gravedad específica máxima teórica	2,374	2,374	2,374
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7,4%	7,0%	7,9%

OBSERVACIONES:

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025(13)-13 **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024_P25-10-2-3-4-5-6-7_11 Fecha recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. Fecha de ensayo: 2013-05-08

Tipo de Mezcla: MD-12 Asfalto 60/70 Apiay con Cal Método Utilizado: A

Briqueta No			7	8	3	4	5
Temperatura del agua		°C	19	19	19	19	19
Temperatura ambiente		°C	21	21	21,1	21,1	21,1
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1201,6	1194,8	1186,5	1190,9	1190,6
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1212,7	1203,2	1195,1	1199,8	1199,5
Peso del especimen en Agua	(C)	g	665,9	663,2	656,9	657,6	659,4
Constante de corrección k			1,001364	1,001364	1,001364	1,001364	1,001364
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2,200 ± 0,018*	2,215 ± 0,018*	2,207 ± 0,018*	2,199 ± 0,018*	2,207 ± 0,018*
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2193,1 ± 18,4*	2208,2 ± 18,5*	2200,2 ± 18,4*	2192,0 ± 18,4*	2200,0 ± 18,4*
Agua absorbida por volumen		%	2,030 ± 0,897*	1,556 ± 0,687*	1,598 ± 0,706*	1,641 ± 0,725*	1,648 ± 0,728*

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			6	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	19,0	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	21,1	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1188,3	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1199,0	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	654,9	----	----	----	----
Constante de corrección k			1,001364	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2,186 ± 0,018*	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2179,6 ± 18,3*	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	1,967 ± 0,869*	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 y 025(13)-13	PROYECTO:	IDU 038 - 039
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60-70.	Fecha de ensayo:	2013-06-28

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	4	3	6
Altura del espécimen (mm)	68.8	69.3	69.0
Diametro del espécimen (mm)	100.2	100.2	100.2
Vacios (%)	6.2	6.7	6.8
Promedio Vacios (%)		6.6	
Lectura de carga (kg)	1086	1008	1048
Carga Máxima (N)	10653.7	9888.5	10280.9
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	983.4	906.6	947.0

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **945.6**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	1	7	9
Altura del espécimen (mm)	68.5	69.8	69.2
Diametro del espécimen (mm)	100.2	100.2	100.2
Vacios (%)	6.1	7.6	7.5
Promedio Vacios (%)		7.1	
Lectura de carga (kg)	883	972	956
Carga Máxima (N)	8662.2	9535.3	9378.4
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	804.2	868.0	861.5

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **844.6**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)=** **89.3**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 y 025(13)-13	PROYECTO: IDU 038 - 039	
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60-70.	Fecha de ensayo:	2013-06-28

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	1	7	9
Peso del espécimen seco al aire (g)	1194.0	1193.7	1189.8
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1218	1221.4	1216.9
Volumen de agua absorbida (cm^3)	24.0	27.7	27.1
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	528.2	536.5	534.2
Volumen de vacios (cm^3)	32.2	40.8	40.1
Saturación (%)	74.5	67.9	67.6
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)		**70.0**	
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1222.9	1230.4	1227.6
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	28.9	36.7	37.8
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	89.7	90.0	94.3
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)		**91.4**	

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 y 025(13)-13	PROYECTO:	IDU 038 - 039
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60-70.	Fecha de ensayo:	2013-06-28

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	1	7	9
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	686.3	681.4	680.3
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	531.7	540.0	536.6
Hinchamiento (%)	0.7	0.7	0.4
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**0.6**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	690.9	690.5	688.5
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	532.0	539.9	539.1
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	0.7	0.6	0.9
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**0.8**		

OBSERVACIONES: _____

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 Y P025-13(13) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024_P25-10-2-3-4-5-6-7 Fecha recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. Fecha de ensayo: 2013-06-28

Tipo de Mezcla MD-12 asfalto 60-70 Apiay. Método Utilizado A

Briqueta No			1	3	4	----	----
Temperatura del agua		°C	23	23	23.2	----	----
Temperatura ambiente		°C	22	22	21.7	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1194.0	1192.4	1196.1	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1199.5	1195.5	1200.5	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	671.3	664.5	670.5	----	----
Constante de corrección k			1.000495	1.000495	1.000495	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$			2.262 ± 0.018*	2.247 ± 0.018*	2.258 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	2254.8 ± 18.9*	2239.9 ± 18.8*	2251.1 ± 18.9*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	1.041 ± 0.230*	0.584 ± 0.129*	0.830 ± 0.183*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla MD-12 asfalto 60-70 Apiay. Método Utilizado A

Briqueta No			6	7	9	----	----
Temperatura del agua		°C	23.2	23.2	23.2	----	----
Temperatura ambiente		°C	21.7	21.7	21.7	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1192.0	1193.7	1189.8	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1195.3	1198.3	1193.1	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	664.0	661.8	658.9	----	----
Constante de corrección k			1.000495	1.000495	1.000495	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$			2.245 ± 0.018*	2.226 ± 0.018*	2.228 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	2237.9 ± 18.7*	2219.4 ± 18.6*	2221.7 ± 18.6*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.621 ± 0.137*	0.857 ± 0.189*	0.618 ± 0.136*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN: P024 y 025(13)-13	PROYECTO: IDU 038 Y 039
Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de ensayo: 2013-06-28
Descripción: Briquetas Tipo marshall	Fecha de recepción: 2013-04-11

Referencia	1	9	3
Gravedad específica bulk	2.262	2.228	2.247
Gravedad específica máxima teórica	2.408	2.408	2.408
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6.1%	7.5%	6.7%

OBSERVACIONES:

Referencia	4	6	7
Gravedad específica bulk	2.258	2.245	2.226
Gravedad específica máxima teórica	2.408	2.408	2.408
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6.2%	6.8%	7.6%

OBSERVACIONES:

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULO:COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025(13)-13 **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7. Fecha de recepción: 2013-04-11

Descripción: Mezcla asfáltica MD-12 60-70 Ligante asfáltico Apiay. Fecha de ensayo: 2013-06-18

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		2	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2387.3	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8745.1	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.408 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

HERMES ARIEL VACCA
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 y 025(28)-13 PROYECTO: IDU 038 - 039

Referencia: P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60-70 (STOA).

Fecha de recepción: 2013-07-24

Fecha de ensayo: 2013-08-01

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	5	7	4
Altura del espécimen (mm)	70.0	69.5	69.3
Diametro del espécimen (mm)	100.0	100.0	100.0
Vacios (%)	6.9	7.0	6.1
Promedio Vacios (%)		6.7	
Lectura de carga (kg)	1004	1047	1009
Carga Máxima (N)	9849.2	10271.1	9898.3
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	895.7	940.8	909.1

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **915.2**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	1	6	8
Altura del espécimen (mm)	68.8	67.7	69.5
Diametro del espécimen (mm)	100.0	100.0	100.1
Vacios (%)	6.0	6.2	6.4
Promedio Vacios (%)		6.2	
Lectura de carga (kg)	942	956	940
Carga Máxima (N)	9241.0	9378.4	9221.4
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	855.3	881.9	844.1

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **860.4**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)=** **94.0**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 y 025(28)-13	PROYECTO: IDU 038 - 039	
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay	Fecha de recepción:	2013-07-24
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-08-01

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	1	6	8
Peso del espécimen seco al aire (g)	1192.3	1193.0	1190.4
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1216.8	1218.3	1215.7
Volumen de agua absorbida (cm^3)	24.5	25.3	25.3
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	532.2	533.8	533.8
Volumen de vacios (cm^3)	31.9	33.1	34.2
Saturación (%)	76.7	76.4	74.1
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)	**75.7**		
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1222.4	1224.5	1224.1
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	30.1	31.5	33.7
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	94.3	95.2	98.6
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)	**96.0**		

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 y 025(28)-13	PROYECTO:	IDU 038 - 039
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay	Fecha de recepción:	2013-07-24
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MD 12 Asfalto 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-08-01

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	1	6	8
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	683.1	679.5	679.0
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	533.7	538.8	536.7
Hinchamiento (%)	0.3	0.9	0.5
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**0.6**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	687.7	686.3	687.4
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	534.7	538.2	536.7
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	0.5	0.8	0.5
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**0.6**		

OBSERVACIONES: _____

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 Y P025-13(28) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_P25-10-2-3-4-5-6-7 Fecha recepción: 2013-07-24

Descripción: Briquetas tipo Marshall. Fecha de ensayo: 2013-07-26

Tipo de Mezcla MD-12 asfalto 60-70 Apiay (STOA) Método Utilizado A

Briqueta No			1	4	5	----	----
Temperatura del agua		°C	20	20	19.5	----	----
Temperatura ambiente		°C	21	21	21.3	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1192.3	1186.9	1192	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1196.5	1191.4	1195.8	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	664.3	660.8	657.5	----	----
Constante de corrección k			1.001364	1.001364	1.001364	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.243 ± 0.018*	2.239 ± 0.018*	2.217 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2235.9 ± 18.7*	2232.5 ± 18.7*	2210.0 ± 18.5*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.789 ± 0.174*	0.848 ± 0.187*	0.706 ± 0.156*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla MD-12 asfalto 60-70 Apiay (STOA) Método Utilizado A

Briqueta No			6	7	8	----	----
Temperatura del agua		°C	19.5	19.5	19.5	----	----
Temperatura ambiente		°C	21.3	21.3	21.3	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1193.0	1192.1	1190.4	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1197.0	1195.4	1194.3	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	663.2	659	660.5	----	----
Constante de corrección k			1.001364	1.001364	1.001364	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.237 ± 0.018*	2.225 ± 0.018*	2.232 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2230.5 ± 18.7*	2218.0 ± 18.6*	2225.7 ± 18.6*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.749 ± 0.166*	0.615 ± 0.136*	0.731 ± 0.161*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-02

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN: P024 y 025(28)-13	PROYECTO: IDU 038
Referencia: P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de ensayo: 2013-08-08
Descripción: Briquetas Tipo marshall	Fecha de recepción: 2013-07-24

Referencia	5	7	4
Gravedad específica bulk	2.217	2.225	2.239
Gravedad específica máxima teórica	2.385	2.385	2.385
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7.0%	6.7%	6.1%

OBSERVACIONES:

Referencia	1	6	8
Gravedad específica bulk	2.243	2.237	2.232
Gravedad específica máxima teórica	2.385	2.3853	2.385
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6.0%	6.2%	6.4%

OBSERVACIONES:

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

5/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 Y P025(28)-13	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-07-24
Descripción:	Mezcla asfáltica MD-12 Ligante asfáltico 60-70 Apiay (STOA)	Fecha de ensayo:	2013-08-08

Tipo de recipiente: Taza de vacio

Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2384.5	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8769.8	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7384.7	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.386 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

6/12

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF3-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5255

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE LA PISTA DE ENSAYO DE LABORATORIO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INVE 756-07

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13(13)	**PROYECTO:** IDU 038 Y 039

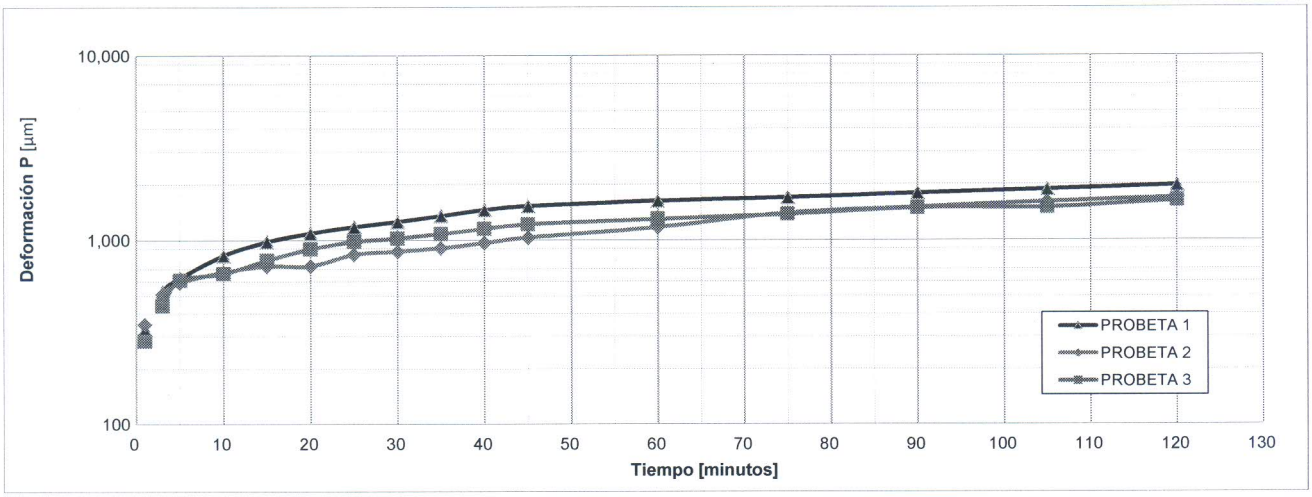
Referencia: P024-P025-1
Muestra: Mezcla asfáltica MD-12 Asfálto Apiay 60-70 (STOA)
Descripción: Panela de asfalto.

Fecha Recepción: 4/11/2013
Fecha de Ensayo: 8/8/2013

I. DATOS DE ENSAYO

Temperatura de ensayo:	(°C)	60
Presión de contacto	(kN/m^2)	900

II. RESULTADOS - GRAFICA DEFORMACIÓN VS TIEMPO



II. RESULTADOS

		Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Deformación total al final del ensayo	(µm)	1976.7	1693.3	1630.0
Velocidad en el intervalo 30 a 45 minutos, V30/45	(µm)/ min	18	11	12
Velocidad en el intervalo de 75 a 90 minutos, V75/90	(µm)/ min	5	7	5
Velocidad en el intervalo de 105 a 120 minutos, V105/120	(µm)/ min	7	6	9

OBSERVACIONES

JEISSON DUBIER HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

ANEXO H. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MS25 con asfalto Barrancabermeja 60-70

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MS25 con asfalto Barrancabermeja 60-70 listados a continuación:

- Diseño de mezcla asfáltica.
- Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de las mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la fatiga a esfuerzo controlado a la mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad en su estado original.
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la deformación plástica de la mezcla asfáltica mediante la pista de ensayo de laboratorio sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5373 Fax: Ext 5373

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CÓDIGO ORDEN: P024 -13 (15) **PROYECTO:** IDU 038

REFERENCIA: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7. **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2013-04-11

LOCALIZACIÓN: --- **FECHA DE ENSAYO:** 2013-05-17

DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MS 25, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Barrancabermeja.

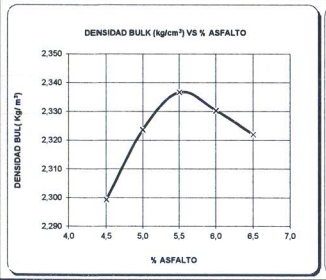
MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja,

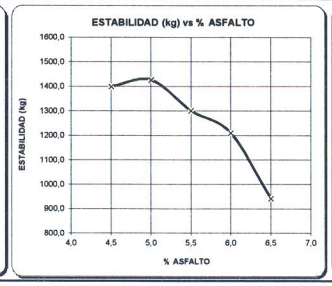
Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural(Rio Coello):	Muestras 2-4-5-6 (gruesos)	Gs	2,574
Arena de peña (Ingescol Soacha):	024-025-7	Gs	2,509
Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar).	024 - 025-3	Gs	2,560
Ligante asfáltico Barrancabermeja	024-025-1	Gs	---

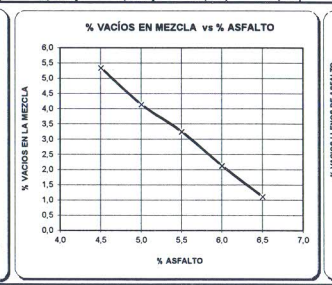
Gs ASFALTO : 1,022

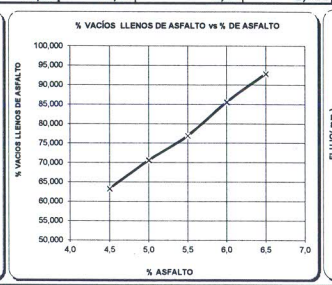
Gs AGREGADOS PARA DISEÑO : 2,569

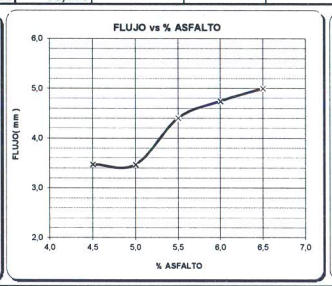
MEZCLA No. a	% DE ASFALTO b	% ASFALTO DISEÑO c	PESO EN GRAMOS SECA EN AIRE d	S.S.S EN AIRE e	EN AGUA f	PESO ESPECIFICO BULK g	MÁXIMO TEÓRICO h	MÁXIMO MEDIDO i	ASFALTO ABSORBIDO % j	VOLUMEN - % TOTAL AGREGADOS k	VACÍOS CON AIRE L	ASFALTO EFECTIVO m	VACÍOS EN AGREGADOS MINERALES n	% DE ASFALTO EFECTIVO o	PESO UNITARIO g/cm³ p	% DE VACÍOS LLENOS DE ASFALTO	CARGA (kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	ESTABILIDAD (kg) r	FLUJO mm s	RELACION ESTABILIDAD FLUJO kg/mm
						$\frac{d}{e-f}$			$\frac{(i-h)\,10}{h\,(100-b)}$	$\frac{(100-b)\,g}{G\,agr}$	$\left(1-\frac{g}{i}\right)*100$	100 - K - L	100 - K	$b-\frac{J\,(100-b)}{100}$		(m / n)*100						
1	4,5	4,5	1182,9	1189,5	672,1	2,288											1476	0,941	1389		3,56	390,1
2	4,5	4,5	1185,7	1191,1	676,0	2,304											1421	0,936	1330		3,30	403,0
3	4,5	4,5	1188,1	1193,5	677,9	2,306											1545	0,956	1477		3,56	414,9
PROMEDIO						**2,299**	**2,405**	**2,429**	**0,427**	**85,48**	**5,34**	**9,19**	**14,52**	**4,09**	**2,299**	**63,247**				**1.399**	**3,47**	**402,7**
1	5,0	5,0	1195,8	1197,8	685,9	2,338											1382	0,973	1345		3,81	352,9
2	5,0	5,0	1188,9	1191,4	677,1	2,313											1791	0,968	1734		2,79	621,4
3	5,0	5,0	1195,5	1199,6	683,9	2,320											1261	0,951	1199		3,81	314,8
PROMEDIO						**2,324**	**2,388**	**2,424**	**0,650**	**85,93**	**4,14**	**9,93**	**14,07**	**4,38**	**2,324**	**70,586**				**1.426**	**3,47**	**487,2**
1	5,5	5,5	1184,5	1186,7	680,8	2,343											1614	0,956	1543		4,57	337,6
2	5,5	5,5	1177,4	1179,4	676,3	2,342											1276	0,973	1242		4,32	287,4
3	5,5	5,5	1181,4	1185,2	676,6	2,325											1173	0,953	1118		4,32	258,8
PROMEDIO						**2,337**	**2,372**	**2,415**	**0,803**	**85,95**	**3,24**	**10,80**	**14,05**	**4,74**	**2,337**	**76,908**				**1.301**	**4,40**	**312,5**
1	6,0	6,0	1173,8	1176,0	673,3	2,337											1313	0,978	1284		4,57	281,0
2	6,0	6,0	1185,4	1187,3	678,2	2,330											1266	0,963	1219		4,57	266,8
3	6,0	6,0	1182,7	1184,0	674,7	2,324											1158	0,973	1127		5,08	221,8
PROMEDIO						**2,330**	**2,355**	**2,381**	**0,491**	**85,27**	**2,13**	**12,60**	**14,73**	**5,54**	**2,330**	**85,556**				**1.210**	**4,74**	**273,9**
1	6,5	6,5	1178,8	1180,1	672,0	2,322											853	0,978	834		4,83	172,7
2	6,5	6,5	1177,7	1179,7	671,4	2,319											1002	0,978	980		4,57	214,4
3	6,5	6,5	1180,4	1181,6	673,5	2,325											1002	1,008	1010		5,59	180,7
PROMEDIO						**2,322**	**2,339**	**2,348**	**0,178**	**84,51**	**1,11**	**14,38**	**15,49**	**6,33**	**2,322**	**92,851**				**941**	**5,00**	**193,6**

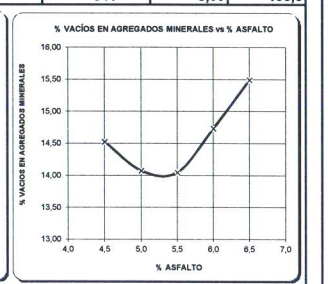












OBSERVACIONES

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÌA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5255

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF 2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-98

CÓDIGO ORDEN: P024 -13 (15) **PROYECTO:** IDU 038

REFERENCIA: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7.

LOCALIZACIÓN: ---

DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MS 25, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Barrancabermeja.

MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

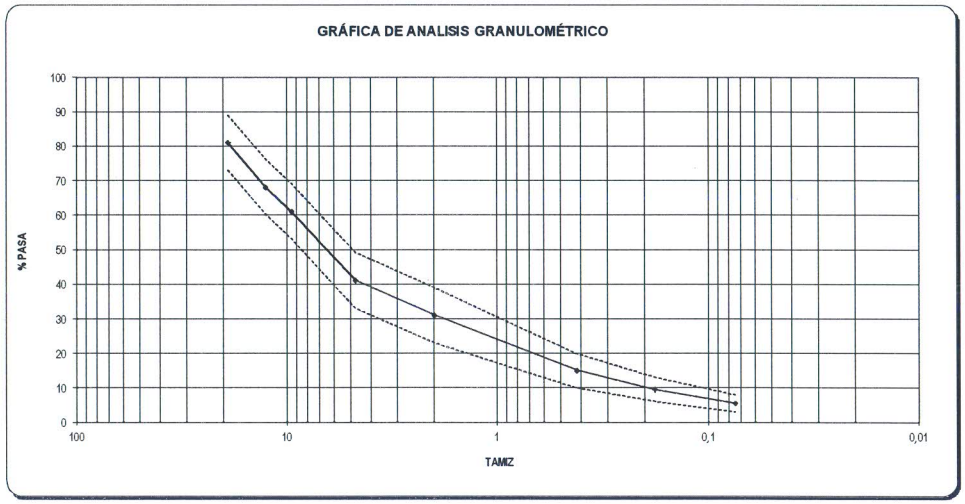
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-04-11

FECHA DE ENSAYO: 2013-05-17

I. GRADACIÓN COMBINADA PARA LA MEZCLA

	Tamaño Tamiz - % Pasa										% Óptimo de c/material
Tamaño Tamiz pg	1½"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	80	200	
mm	25,4	25,4	19,1	12,7	9,53	4,76	2	0,42	0,18	0,075	
COMBINADO	100	88	81,0	68,0	61,0	41,0	31,0	15,0	9,5	5,5	100,0
—	–	–	–	–	–	–	–	–	–	—	–
—	–	–	–	–	–	–	–	–	–	—	–
—	–	–	–	–	–	–	–	–	–	—	–
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	–
MEZCLA			81	68	61	41	31	15	10	6	

ESPECIFICACION	100	80	73	60	53	33	23	10	6	3
MS-25	100	95	89	76	69	49	39	20	13	8
Tamiz mm	37,5	25,4	19	12,5	9,5	4,75	2	0,425	0,18	0,075



II. DISEÑO DE LA MEZCLA

CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO : 5,0 %

TEMPERATURA DE MEZCLA : 150 °C

TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN: 140 °C

III. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

CARACTERISTICA	UND	DISEÑO	ESPECIFICACION
DENSIDAD BULK	kg/m³	2,324	---
ESTABILIDAD	kg	1420	900
VACIOS CON AIRE	%	4,2	4-6
VACIOS LLENOS DE ASFALTO	%	70	65-75
FLUJO	mm	3,42	2-3.5
VACIOS EN AGREG. MINERAL	min	14,1	≥ 13

IV. OBSERVACIONES

Diseño de mezcla asfáltica sin Cal.
La dosificación fue asignada por el cliente.
Especificaciones IDU Tabla 510.7

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja.	Fecha de ensayo:	2013-05-10

Tipo de Mezcla: MS-25 - 4.5% Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No		1	2	4	----	----
Temperatura del agua	°C	22	21,6	21,6	----	----
Temperatura ambiente	°C	22	22,3	22,3	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1182,9	1185,7	1188,1	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1189,5	1191,1	1193,5	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	672,1	676	677,9	----	----
Constante de corrección k		1,000950	1,000950	1,000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		2,288 ± 0,019 *	2,304 ± 0,019 *	2,306 ± 0,019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	2281,1 ± 19,1 *	2296,7 ± 19,2 *	2299,1 ± 19,3 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	1,276 ± 0,564 *	1,048 ± 0,463 *	1,047 ± 0,463 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente	°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

VoBo D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/7

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja.	Fecha de ensayo:	2013-05-10

Tipo de Mezcla: MS-25 - 5,0 % Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No		5	6	8	----	----
Temperatura del agua	°C	22	21,6	21,6	----	----
Temperatura ambiente	°C	22	22,3	22,3	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1195,8	1188,9	1195,5	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1197,8	1191,4	1199,6	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	685,9	677,1	683,9	----	----
Constante de corrección k		1,000950	1,000950	1,000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		2,338 ± 0,019 *	2,313 ± 0,019 *	2,320 ± 0,019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	2330,7 ± 19,5 *	2306,5 ± 19,3 *	2313,0 ± 19,4 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	0,391 ± 0,173 *	0,486 ± 0,215 *	0,795 ± 0,351 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente	°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

V.B. D.R.
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja.	Fecha de ensayo:	2013-05-10

Tipo de Mezcla: MS-25 - 5,5 % Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No		9	10	12	----	----
Temperatura del agua	°C	22	21,6	21,6	----	----
Temperatura ambiente	°C	22	22,3	22,3	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1184,5	1177,4	1181,4	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1186,7	1179,4	1185,2	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	680,8	676,3	676,6	----	----
Constante de corrección k		1,000950	1,000950	1,000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$		2,343 ± 0,019 *	2,342 ± 0,019 *	2,325 ± 0,019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$	kg/m^3	2336,1 ± 19,6 *	2335,0 ± 19,6 *	2317,6 ± 19,4 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	0,435 ± 0,192 *	0,398 ± 0,176 *	0,747 ± 0,330 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente	°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$		---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$	kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

Vo Bo D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

5/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja.	Fecha de ensayo:	2013-05-10

Tipo de Mezcla: MS-25 - 6,0 % Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No		13	15	16	----	----
Temperatura del agua	°C	22	21,6	21,6	----	----
Temperatura ambiente	°C	22	22,3	22,3	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1173,8	1185,4	1182,7	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1176,0	1187,3	1184	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	673,3	678,2	674,7	----	----
Constante de corrección k		1,000950	1,000950	1,000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		2,337 ± 0,019 *	2,330 ± 0,019 *	2,324 ± 0,019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	2329,7 ± 19,5 *	2323,2 ± 19,5 *	2317,0 ± 19,4 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	0,438 ± 0,193 *	0,373 ± 0,165 *	0,255 ± 0,113 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente	°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

Vo Bo DR
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

6/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja.	Fecha de ensayo:	2013-05-10

Tipo de Mezcla: MS-25 - 6,5 % Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No		17	18	20	----	----
Temperatura del agua	°C	22	21,6	21,6	----	----
Temperatura ambiente	°C	22	22,3	22,3	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1178,8	1177,7	1180,4	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1180,1	1179,7	1181,6	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	672,0	671,4	673,5	----	----
Constante de corrección k		1,000950	1,000950	1,000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$		2,322 ± 0,019 *	2,319 ± 0,019 *	2,325 ± 0,019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$	kg/m^3	2314,8 ± 19,4 *	2311,7 ± 19,4 *	2317,9 ± 19,4 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	0,256 ± 0,113 *	0,393 ± 0,174 *	0,236 ± 0,104 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente	°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$		---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$	kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

Vo Bo D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

7/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF2-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (15) | **PROYECTO:** IDU-038

Referencia: P024_P25-1_2_3_4_5_6_7. | Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 4.5 % Asfalto | Fecha de Ensayo: 2013-05-13

Probeta No		1	2	4
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 4.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 4.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 4.5 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		23,0	23,0	23,0
Estabilidad medida (kg)		1476	1421	1545
Altura de la briqueta (mm)		66,1	66,4	65,4
Factor de correlación		0,941	0,936	0,956
Estabilidad corregida	(lbf)	3062	2932	3256
	(kgf)	1389	1330	1477
	(N)	13625	13048	14490
Flujo	(0.01")	14	13	14
	(mm)	3,56	3,30	3,56

Estabilidad Promedio (lbf) 3083 ± * 111

(kgf) 1399 ± * 50

(N) 13721 ± * 493

Flujo Promedio (0.01") 13,7 ± 1,4 *

(mm) 3,47 ± 0,36 *

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		----	---	---
Temperatura Ambiente ºC		----	---	---
Estabilidad medida (kg)		----	---	---
Altura de la briqueta (mm)		----	---	---
Factor de correlación		----	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	----	---	---
	(kgf)	----	---	---
	(N)	----	---	---
Flujo	(0.01")	----	---	---
	(mm)	----	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± *

(kg) ± *

(N) ± *

Flujo Promedio (0.01") ± *

(mm) ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

8/17

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 | INFORME DE ENSAYO | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (15) | **PROYECTO:** IDU-038

Referencia: P024_P25-1_2_3_4_5_6_7. | Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5,0 % Asfalto | Fecha de Ensayo: 2013-05-13

Probeta No		5	6	8
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5,0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5,0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5,0 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		23,0	23,0	23,0
Estabilidad medida (kg)		1382	1791	1261
Altura de la briqueta (mm)		64,6	64,8	65,6
Factor de correlación		0,973	0,968	0,951
Estabilidad corregida	(lbf)	2964	3822	2644
	(kgf)	1345	1734	1199
	(N)	13191	17007	11764
Flujo	(0.01")	15	11	15
	(mm)	3,81	2,79	3,81

Estabilidad Promedio (lbf) 3143 ± * 113 | Flujo Promedio (0.01") 13,7 ± 1,4*

(kgf) 1426 ± * 51 | (mm) 3,47 ± 0,36*

(N) 13988 ± * 502

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± * | Flujo Promedio (0.01") ± *

(kg) ± * | (mm) ± *

(N) ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

9/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (15) **PROYECTO:** IDU-038

Referencia: P024_P25-1_2_3_4_5_6_7. Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5,5 % Asfalto Fecha de Ensayo: 2013-05-13

Probeta No		9	10	12
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5,5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5,5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5,5 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		23,0	23,0	23,0
Estabilidad medida (kg)		1614	1276	1173
Altura de la briqueta (mm)		65,3	64,6	65,5
Factor de correlación		0,956	0,973	0,953
Estabilidad corregida	(lbf)	3402	2737	2464
	(kgf)	1543	1242	1118
	(N)	15137	12180	10966
Flujo	(0.01")	18	17	17
	(mm)	4,57	4,32	4,32

Estabilidad Promedio (lbf) 2868 ± * 103 — Flujo Promedio (0.01") 17,3 ± 1,8 *

(kgf) 1301 ± * 47 — (mm) 4,40 ± 0,46 *

(N) 12761 ± * 458

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± * — Flujo Promedio (0.01") ± *

(kg) ± * — (mm) ± *

(N) ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

V.B. D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

10/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (15)

PROYECTO: IDU-038

Referencia: P024_P25-1_2_3_4_5_6_7.

Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6,0 % Asfalto

Fecha de Ensayo: 2013-05-13

Probeta No		13	15	16
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6,0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6,0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6,0 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		23,0	23,0	23,0
Estabilidad medida (kg)		1313	1266	1158
Altura de la briqueta (mm)		64,4	65,0	64,6
Factor de correlación		0,978	0,963	0,973
Estabilidad corregida	(lbf)	2831	2688	2484
	(kgf)	1284	1219	1127
	(N)	12597	11960	11053
Flujo	(0.01")	18	18	20
	(mm)	4,57	4,57	5,08

Estabilidad Promedio (lbf) 2668 ± * 96

(kgf) 1210 ± * 43

(N) 11870 ± * 426

Flujo Promedio (0.01") 18,7 ± 2,0*

(mm) 4,74 ± 0,50*

OBSERVACIONES:

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± *

(kg) ± *

(N) ± *

Flujo Promedio (0.01") ± *

(mm) ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

11/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF2-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (15) | **PROYECTO:** IDU-038

Referencia: P024_P25-1_2_3_4_5_6_7. | Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6,5 % Asfalto | Fecha de Ensayo: 2013-05-13

Probeta No		17	18	20
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6,5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6,5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6,5 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		23,0	23,0	23,0
Estabilidad medida (kg)		853	1002	1002
Altura de la briqueta (mm)		64,4	64,4	63,2
Factor de correlación		0,978	0,978	1,008
Estabilidad corregida	(lbf)	1839	2160	2227
	(kgf)	834	980	1010
	(N)	8184	9613	9908
Flujo	(0.01")	19	18	22
	(mm)	4,83	4,57	5,59

Estabilidad Promedio (lbf) 2075 ± * 75 — Flujo Promedio (0.01") 19,7 ± 2,1*

(kgf) 941 ± * 34 — (mm) 5,00 ± 0,52*

(N) 9235 ± * 332

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± * — Flujo Promedio (0.01") ± *

(kg) ± * — (mm) ± *

(N) ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

V°B° D.R.
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-113
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja 4,5%.	Fecha de ensayo:	2013-05-10

Tipo de recipiente: _____ Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2396,0	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8758,3	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7348,9	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2,429 ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo DR
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

13/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70	Fecha de recepción:	2013-04-113
Descripción:	Barrancabermeja 5,0%.	Fecha de ensayo:	2013-05-10

Tipo de recipiente: _____ Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		2	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2374,7	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8743,9	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349,1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2,424 ± 0,007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

14/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70	Fecha de recepción:	2013-04-113
Descripción:	Barrancabermeja 5,5%.	Fecha de ensayo:	2013-05-10

Tipo de recipiente: _____ Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		3	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2367,0	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8735,9	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7348,9	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2,415 ± 0,007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

15/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70	Fecha de recepción:	2013-04-113
Descripción:	Barrancabermeja 6,0%.	Fecha de ensayo:	2013-05-10

Tipo de recipiente: _____ Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		4	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2384,1	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8731,5	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7348,8	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2,381 ± 0,007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

VoBo D. Ruiz
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

16/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-113
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja 6,5%.	Fecha de ensayo:	2013-05-10

Tipo de recipiente: _____ Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		5	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2376,6	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8713,5	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349,1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2,348 ± 0,007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

V°B° D.R.
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

17/17

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO ELÁSTICO - CURVA MAESTRA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-03 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 749-07

CODIGO ORDEN: P025-(17)13 **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024-P025-1 **Fecha Recepción:** 2013-04-11

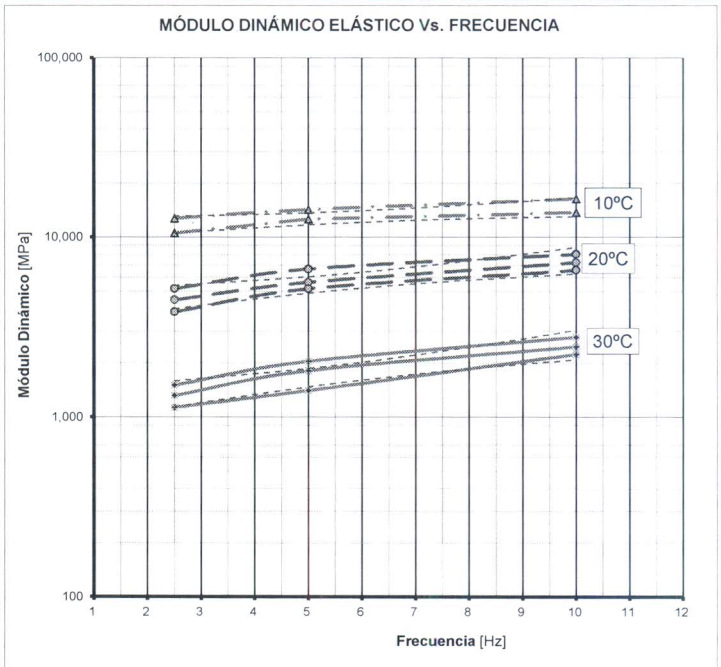
Descripción: Briqueta Tipo Marshall. **Fecha de Ensayo:** 2013-05-28

Muestra: MS-25 Asfalto Barrancabermeja 60-70 (STOA)

Ts = 10 °C

T [°C]	Referencia	f [Hz]	X	Módulo Dinámico [MPa]
10	P024-P025_1_1	2.50	0.92	10894.5
		5.00	1.61	13006.0
		10.00	2.30	13528.0
	P024-P025_1_2	2.50	0.92	10563.5
		5.00	1.61	12591.5
		10.00	2.30	13728.5
	P024-P025_1_3	2.50	0.92	12732.5
		5.00	1.61	14248.0
		10.00	2.30	16340.5
20	P024-P025_2_1	2.50	-2.12	4484.5
		5.00	-1.43	5623.5
		10.00	-0.73	7243.5
	P024-P025_2_2	2.50	-2.12	3843.5
		5.00	-1.43	5175.0
		10.00	-0.73	6569.5
	P024-P025_2_3	2.50	-2.12	5176.0
		5.00	-1.43	6665.0
		10.00	-0.73	8052.5
30	P024-P025_3_1	2.50	-4.96	1314.5
		5.00	-4.26	1808.5
		10.00	-3.57	2458.0
	P024-P025_3_2	2.50	-4.96	1130.0
		5.00	-4.26	1403.0
		10.00	-3.57	2232.0
	P024-P025_3_3	2.50	-4.96	1502.5
		5.00	-4.26	2039.5
		10.00	-3.57	2782.0

ISOTERMAS

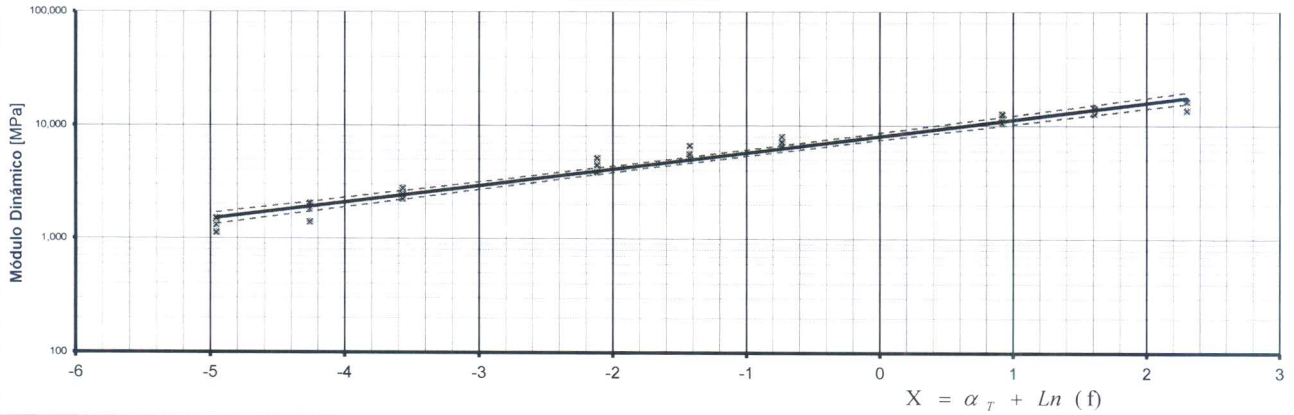


$$X = \alpha_T + Ln(f)$$

$$\alpha_T = 2{,}52 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)$$

X = Parámetro de reducción de la Curva Maestra.
α_T = factor de modificación en función de la temperatura.
f = frecuencia de la prueba en Hz.
T= Temperatura absoluta de la prueba (T=T°C+273,15).
Ts= Temperatura absoluta de referencia (Ts=Ts°C+273,15).

CURVA MAESTRA



OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/7

Bogotá, 06 de agosto de 2013

LAB_P024(17)_13 (2) SUPLEMENTO

Señores
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
Departamento de Ingeniería Civil
Atn: Ing. Freddy Alberto Reyes Lizcano
Ext. 5270
Bogotá

Referencia: **REMISIÓN DEL SUPLEMENTO AL INFORME LAB_P024(17)_13 (2) DE FECHA 10 DE JULIO DE 2013.**

Apreciados Señores:

A continuación se presenta el Suplemento al informe parcial LAB_P024(17)_13 (2) DE FECHA 10 DE JULIO DE 2013, correspondiente a los ensayos de Resistencia a la fatiga – Esfuerzo controlado, en el cual se corrige un dato de la deformación inicial máxima horizontal y se adiciona un punto de esfuerzo.

Para la realización de los ensayos se utilizó la metodología indicada en las normas relacionadas en los formatos de informe de resultados, EN 12697-24:2000. Las muestras sujetas a ensayo fueron entregadas por el solicitante y por lo tanto los resultados solo afectan los objetos sometidos al ensayo.

Le informamos que en caso de haber muestras sobrantes estas se conservarán por un período de un mes.

El presente informe no deberá reproducirse parcial o completamente sin la aprobación por escrito de los Laboratorios de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. (Literal K del artículo 12, Anexo 3 de la resolución 140 del 4 de febrero de 1994 de la Superintendencia de Industria y Comercio del ministerio de Desarrollo).

Quedo atento a cualquier inquietud que estimen conveniente.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL DIRECTOR

DANIEL MAURICIO RUIZ VALENCIA
Jefe de Laboratorio

Anexo: Resistencia a la fatiga – Esfuerzo controlado (2 páginas).

Calle 40 No. 5-50 Facultad de Ingeniería - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá , D.C.
Telfax. (57-1) 3208320 Ext. 5373 5399 5269 5268

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

Suplemento al informe LAB_P024-(17)_13 (2) de fecha 10 de Julio de 2013

CODIGO ORDEN: P024 -13 (17) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7.

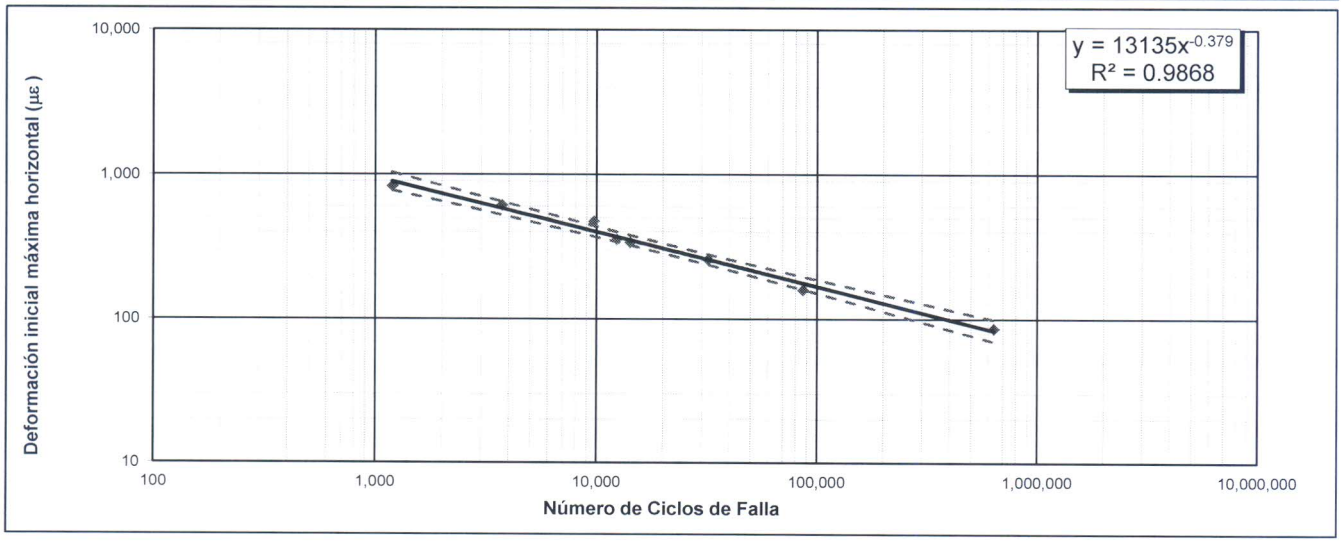
Descripción: Briquetas Tipo Marshall. Mezcla MS -25 (STOA)

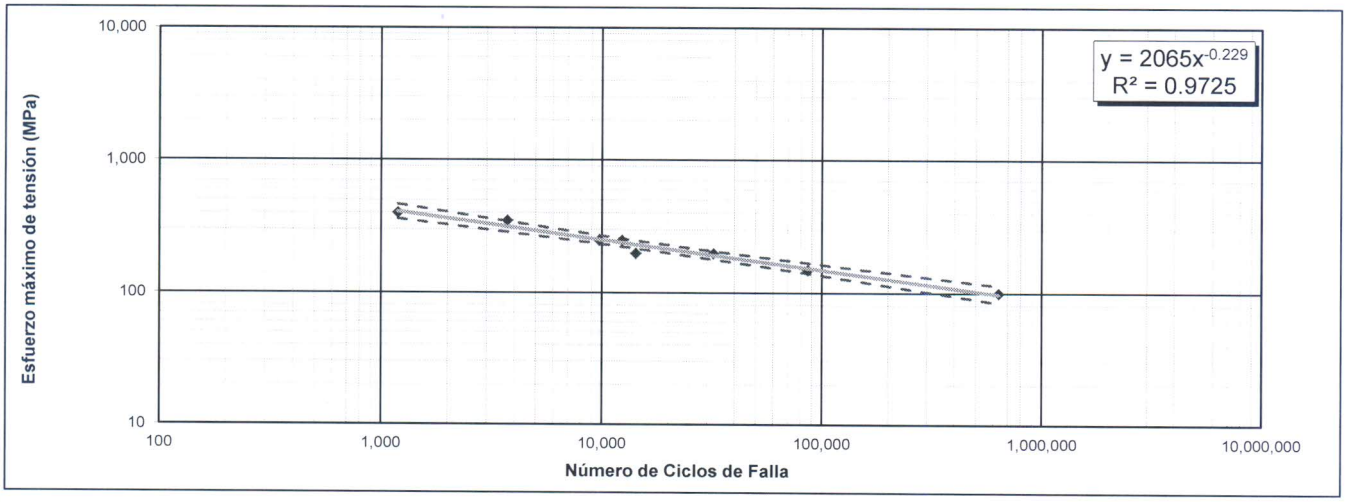
Localización: ----

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

Fecha Recepción: 2013-04-11

Fecha de Ensayo: 2013-07-17





OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

Suplemento al informe LAB_P024-(17)_13 (2) de fecha 10 de Julio de 2013

CODIGO ORDEN: P024 -13 (17) **PROYECTO: IDU 038**

Referencia: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7.

Descripción: Briquetas Tipo Marshall. Mezcla MS -25 (STOA) Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico

Muestra: Barrancabermeja

Fecha Recepción: 2013-04-11

Fecha de Ensayo: 2013-07-17

MUESTRA	TEMP. [°C]	FREC. [Hz]	σ_{max} [kPa]	ε_o ; N 100 [$\mu\varepsilon$]	S_{me} [MPa]	Ciclos de falla N_f	OBSERVACIONES
1_5	20	2.5	400	833	984	1,191	
1_6	20	2.5	350	615	1,166	3,726	
1_3	20	2.5	250	475	1,078	9,706	
1_4	20	2.5	250	356	1,439	12,328	
1_2	20	2.5	200	339	1,210	14,202	
1_1	20	2.5	200	259	1,584	32,023	
1_7	20	2.5	150	159	1,936	86,225	
1_8	20	2.5	100	86	2,379	634,557	

$$\varepsilon_{x,max} = \frac{\sigma_{x,max} \cdot (1+3 \cdot \nu)}{S_{me}} \cdot 1.000$$

$\varepsilon_{x,max}$: Deformación inicial horizontal máxima de tensión en el centro de la muestra

$\sigma_{x,max}$: Esfuerzo máximo de tensión aplicado en el centro de la muestra

S_{me} : Módulo Dinámico Elástico bajo un esfuerzo controlado de

ν : Relación de Poisson's asumida como 0,35

Nota 1: ***si R^2 <0,90*** se debe ensayar una nueva muestra y agregarla al rango de datos, si después de agregar 10 datos nuevos ***R^2 < 0,90***, se debe reportar un informe con el significado estadístico de los datos.

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 (17)-13	PROYECTO:	IDU 038
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70.	Fecha de ensayo:	2013-06-05

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	5	8	7
Altura del espécimen (mm)	71.1	70.2	70.0
Diametro del espécimen (mm)	100.0	100.1	100.0
Vacios (%)	8.0	7.3	7.2
Promedio Vacios (%)		7.5	
Lectura de carga (kg)	882	803	859
Carga Máxima (N)	8652.4	7877.4	8426.8
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	774.9	713.8	765.9

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **751.5**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	10	4	9
Altura del espécimen (mm)	72.0	72.7	70.4
Diametro del espécimen (mm)	100.1	100.1	100.0
Vacios (%)	8.0	7.3	6.3
Promedio Vacios (%)		7.2	
Lectura de carga (kg)	765	647	794
Carga Máxima (N)	7504.7	6347.1	7789.1
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	663.7	555.7	704.4

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **641.2**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)= 85.3**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/7

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 (17)-13	PROYECTO:	IDU 038
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70.	Fecha de ensayo:	2013-06-05

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	10	4	9
Peso del espécimen seco al aire (g)	1196.8	1199.3	1195.8
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1226.1	1223	1221.5
Volumen de agua absorbida (cm^3)	29.3	23.7	25.7
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	537.3	534.3	526.7
Volumen de vacios (cm^3)	43.0	39.0	33.2
Saturación (%)	68.2	60.8	77.5
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)		**68.8**	
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1231.6	1230.9	1224.8
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	34.8	31.6	29.0
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	81.0	81.0	87.4
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)		**83.1**	

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/7

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 (17)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70.	Fecha de ensayo:	2013-06-05

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	10	4	9
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	681.8	679.6	691.0
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	544.3	543.4	530.5
Hinchamiento (%)	1.3	1.7	0.7
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**1.2**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	688.5	680.8	692.0
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	543.1	550.1	532.8
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	1.1	3.0	1.2
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**1.7**		

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/7

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 y 025(17)-13	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas tipo Marshall.	Fecha de ensayo:	2013-05-30

Tipo de Mezcla: MS-25 asfalto 60 -70 Barrancabermeja. Método Utilizado: A

Briqueta No			4	5	7	--	--
Temperatura del agua		°C	24	24	23.7	--	--
Temperatura ambiente		°C	23	23	23.1	--	--
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1199.3	1193.3	1195.9	--	--
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1203.8	1201.3	1203.4	--	--
Peso del especimen en Agua	(C)	g	669.5	665.6	671.4	--	--
Constante de corrección k			1.000495	1.000495	1.000495		
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$			2.246 ± 0.018*	2.229 ± 0.018*	2.249 ± 0.018*	± *	± *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	2239.0 ± 18.8*	2222.0 ± 18.6*	2242.3 ± 18.8*	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	0.842 ± 0.372*	1.493 ± 0.660*	1.410 ± 0.623*	± *	± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			8	9	10	--	--
Temperatura del agua		°C	23.7	23.7	23.7	--	--
Temperatura ambiente		°C	23.1	23.1	23.1	--	--
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1190.5	1195.8	1196.8	--	--
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1201.8	1203.5	1206.9	--	--
Peso del especimen en Agua	(C)	g	671.9	676.8	669.6	--	--
Constante de corrección k			1.000495	1.000495	1.000495		
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$			2.248 ± 0.018*	2.271 ± 0.018*	2.229 ± 0.018*	± *	± *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	2241.0 ± 18.8*	2264.7 ± 19.0*	2221.9 ± 18.6*	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	2.132 ± 0.942*	1.462 ± 0.646*	1.880 ± 0.831*	± *	± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-02

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-623

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN: P024 (17)-13	PROYECTO: IDU 038
Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de ensayo: 2013-06-04
Descripción: Briquetas Tipo marshall	Fecha de recepción: 2013-04-11

Referencia	4	5	7
Gravedad específica bulk	2.246	2.229	2.249
Gravedad específica máxima teórica	2.424	2.424	2.424
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7.3%	8.0%	7.2%

OBSERVACIONES:

Referencia	8	9	10
Gravedad específica bulk	2.248	2.271	2.229
Gravedad específica máxima teórica	2.424	2.424	2.424
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7.3%	6.3%	8.0%

OBSERVACIONES:

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

6/7

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (17)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Barrancabermeja.	Fecha de ensayo:	2013-05-10

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		2	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2374.7	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8743.9	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.424 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: Se reporta el resultado del rice con el 5.0% de asfalto optimo, correspondiente a la orden P024(15)-13.

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

7/7

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 (36)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja	Fecha de recepción:	2013-08-26
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-09-05

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	1	5	9
Altura del espécimen (mm)	68.6	68.6	68.5
Diametro del espécimen (mm)	100.0	100.0	100.0
Vacios (%)	7.1	8.0	7.6
Promedio Vacios (%)		7.6	
Lectura de carga (kg)	1344	1313	1348
Carga Máxima (N)	13184.6	12880.5	13223.9
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	1224.1	1194.7	1228.0

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **1215.6**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	3	4	8
Altura del espécimen (mm)	68.8	68.6	68.6
Diametro del espécimen (mm)	100.0	100.0	100.0
Vacios (%)	7.4	7.6	8.0
Promedio Vacios (%)		7.7	
Lectura de carga (kg)	1150	1088	1110
Carga Máxima (N)	11281.5	10673.3	10889.1
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	1043.9	989.7	1010.3

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **1014.6**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)=** **83.5**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (36)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-08-26
Descripción:	Mezcla asfaltica MS-25 con ligante asfáltico Barrancabermeja 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-09-04

Tipo de Mezcla MS-25 asfalto 60 -70 Barrancabermeja. Método Utilizado A

Briqueta No			1	3	4	----	----
Temperatura del agua		°C	22	22.4	22.4	----	----
Temperatura ambiente		°C	21	21.4	21.4	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1191.0	1186.8	1189.7	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1194.6	1193.8	1197.8	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	665.5	664.9	666.2	----	----
Constante de corrección k			1.000728	1.000728	1.000728	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.253 ± 0.018*	2.246 ± 0.018*	2.240 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2245.9 ± 18.8*	2238.8 ± 18.7*	2232.9 ± 18.7*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.680 ± 0.150*	1.324 ± 0.292*	1.524 ± 0.337*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla ---- Método Utilizado ---

Briqueta No			5	8	9	----	----
Temperatura del agua		°C	22.4	22.4	22.4	----	----
Temperatura ambiente		°C	21.4	21.4	21.4	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1189.7	1188.5	1194.3	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1197.2	1197.3	1199.4	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	663.5	664.4	665.9	----	----
Constante de corrección k			1.000728	1.000728	1.000728	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.231 ± 0.018*	2.232 ± 0.018*	2.240 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2224.1 ± 18.6*	2225.2 ± 18.6*	2233.5 ± 18.7*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	1.405 ± 0.621*	1.651 ± 0.730*	0.956 ± 0.422*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-02

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 (36)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de ensayo:	2013-09-09
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60 - 70 Barrancabermeja (STOA)	Fecha de recepción:	2013-08-26

Referencia	1	3	4
Gravedad específica bulk	2.253	2.246	2.240
Gravedad específica máxima teórica	2.425	2.425	2.425
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7.1%	7.4%	7.6%

OBSERVACIONES:

Referencia	5	8	9
Gravedad específica bulk	2.231	2.232	2.240
Gravedad específica máxima teórica	2.425	2.425	2.425
Porcentaje de Vacios de aire (%)	8.0%	8.0%	7.6%

OBSERVACIONES:

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (36)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70	Fecha de recepción:	2013-08-26
Descripción:	Barrancabermeja (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-09-06

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2373.5	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8744.0	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.425 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 (36)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja	Fecha de recepción:	2013-08-26
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-09-05

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	3	4	8
Peso del espécimen seco al aire (g)	1186.8	1189.7	1188.5
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1211.7	1216.1	1217.0
Volumen de agua absorbida (cm^3)	24.9	26.4	28.5
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	528.9	531.6	532.9
Volumen de vacios (cm^3)	39.1	40.4	42.6
Saturación (%)	63.6	65.3	66.9
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)	**65.3**		
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1218.2	1222.4	1222.2
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	31.4	32.7	33.7
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	80.2	80.9	79.0
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)	**80.1**		

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

5/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 (36)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja	Fecha de recepción:	2013-08-26
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-09-05

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	3	4	8
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	677.8	678.1	680.1
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	533.9	538.0	536.9
Hinchamiento (%)	0.9	1.2	0.8
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**1.0**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	683.1	685.0	684.6
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	535.1	537.4	537.6
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	1.2	1.1	0.9
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**1.0**		

OBSERVACIONES: _____

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

6/12

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF3-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5255

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE LA PISTA DE ENSAYO DE LABORATORIO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INVE 756-07

CODIGO ORDEN: P024-13(17) **PROYECTO:** IDU 038

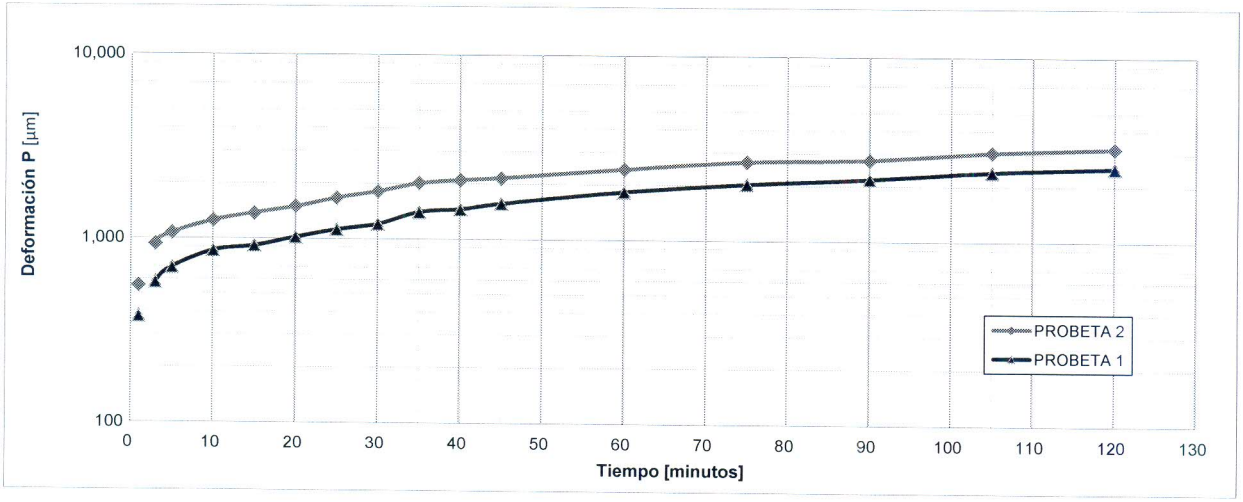
Referencia: P024-P025-1
Muestra: Mezcla asfáltica MS-25 Asfalto Barrancabermeja 60-70 (STOA)
Descripción: Panela de asfalto.

Fecha Recepción: 4/11/2013
Fecha de Ensayo: 7/31/2013

I. DATOS DE ENSAYO

Temperatura de ensayo:	(°C)	60
Presión de contacto	(kN/m^2)	900

II. RESULTADOS - GRAFICA DEFORMACIÓN VS TIEMPO



II. RESULTADOS

		Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Deformación total al final del ensayo	(µm)	2523.3	3216.7	---
Velocidad en el intervalo 30 a 45 minutos, V30/45	(µm)/ min	24	23	---
Velocidad en el intervalo de 75 a 90 minutos, V75/90	(µm)/ min	12	6	---
Velocidad en el intervalo de 105 a 120 minutos, V105/120	(µm)/ min	8	11	---

OBSERVACIONES

JEISSON DUBIER HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

ANEXO I. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MS25 con asfalto Apiay 60-70

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MS25 con asfalto Apiay 60-70 listados a continuación:

- Diseño de mezcla asfáltica.
- Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de las mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la fatiga a esfuerzo controlado a la mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad en su estado original.
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la deformación plástica de la mezcla asfáltica mediante la pista de ensayo de laboratorio sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5255

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF 2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-98

CÓDIGO ORDEN: P024 -13 (15) **PROYECTO:** IDU 038

REFERENCIA: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7.

LOCALIZACIÓN: ---

DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MS 25, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Apiay.

MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay.

FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-04-11

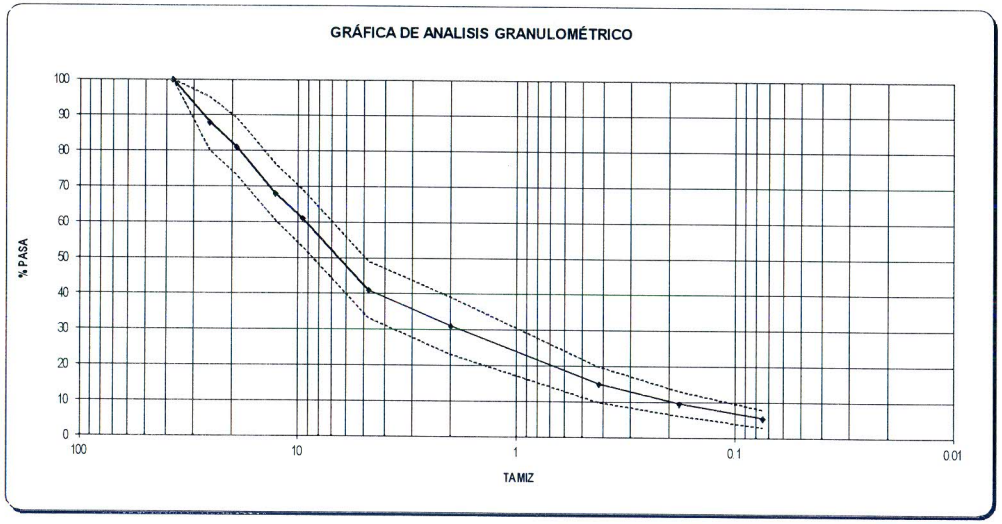
FECHA DE ENSAYO: 2013-05-28

I. GRADACIÓN COMBINADA PARA LA MEZCLA

Tamaño Tamiz pg	Tamaño Tamiz - % Pasa										% Óptimo de c/material
mm	1½" 37.5	1" 25.4	3/4" 19.1	1/2" 12.7	3/8" 9.53	4 4.76	10 2	40 0.42	80 0.18	200 0.075	
COMBINADO	100	88	81.0	68.0	61.0	41.0	31.0	15.0	9.5	5.5	100.0
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--
MEZCLA	**100**	**88**	**81**	**68**	**61**	**41**	**31**	**15**	**10**	**6**	

ESPECIFICACION	100	80	73	60	53	33	23	10	6	3
MS-25	100	95	89	76	69	49	39	20	13	8
Tamiz mm	37.5	25.4	19	12.5	9.5	4.75	2	0.425	0.18	0.075

IOPHPI



II. DISEÑO DE LA MEZCLA

CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO : 4.7 %

TEMPERATURA DE MEZCLA : 150 °C

TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN: 140 °C

III. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

CARACTERISTICA	UND	DISEÑO	ESPECIFICACION
DENSIDAD BULK	kg/m^3	2.312	---
ESTABILIDAD	kg	2030	900
VACIOS CON AIRE	%	5.0	4-6
VACIOS LLENOS DE ASFALTO	%	65	65-75
FLUJO	mm	3.5	2-3.5
VACIOS EN AGREG. MINERAL	min	14.2	≥ 13

IV. OBSERVACIONES

La dosificación fue asignada por el cliente.
Especificaciones IDU Tabla 510.7

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5373 Fax: Ext 5373

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CÓDIGO ORDEN: P024 -13 (15) **PROYECTO:** IDU 038

REFERENCIA: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7. **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2013-04-11

LOCALIZACIÓN: --- **FECHA DE ENSAYO:** 2013-05-28

DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MS 25, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Apiay.

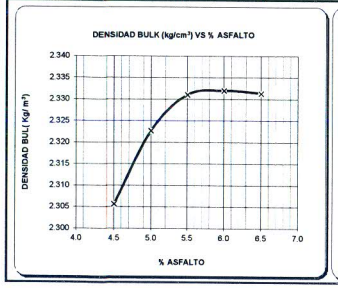
MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay.

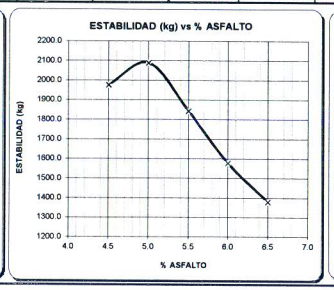
Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural(Rio Coello):	Muestras 2-4-5-6 (gruesos)	Gs	2.574
Arena de peña (Ingescol Soacha):	024-025-7	Gs	2.509
Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar).	024 - 025-3	Gs	2.560
Ligante asfáltico Apiay	024-025-10	Gs	---

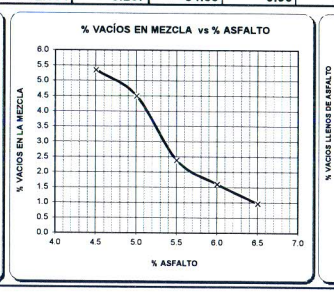
Gs ASFALTO : 1.023

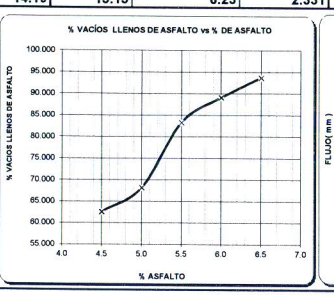
Gs AGREGADOS PARA DISEÑO : 2.569

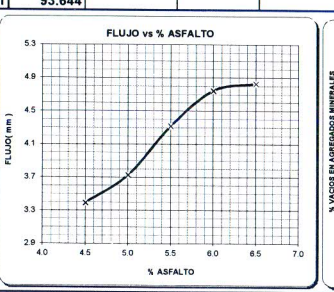
MEZCLA No.	% DE ASFALTO	% ASFALTO DISEÑO	PESO EN GRAMOS			PESO ESPECIFICO			ASFALTO ABSORBIDO %	VOLUMEN - % TOTAL			VACÍOS EN AGREGADOS MINERALES	% DE ASFALTO EFECTIVO	PESO UNITARIO g/cm³	% DE VACÍOS LLENOS DE ASFALTO						
			SECA EN AIRE	S.S.S EN AIRE	EN AGUA	BULK	MÁXIMO TEÓRICO	MÁXIMO MEDIDO		AGREGADOS	VACÍOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO					CARGA (kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	ESTABILIDAD (kg)	FLUJO mm	RELACION ESTABILIDAD FLUJO kg/mm
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	L	m	n	o	p						r	s	
						$\frac{d}{e-f}$			$\frac{(i-h)\,10}{h\,(100-b)}$	$\frac{(100-b)\,g}{G\,agr}$	$\left(1-\frac{g}{}\right)*100$	100 - K - L	100 - K	$b - \frac{J\,(100-b)}{100}$		(m / n)*100						
2	4.5	4.5	1187.1	1195.8	679.3	2.300											2079	0.958	1992		3.56	559.5
3	4.5	4.5	1178.3	1187.5	676.8	2.309											1973	0.978	1930		3.05	632.7
4	4.5	4.5	1185.7	1194.8	677.1	2.308											2084	0.963	2007		3.56	563.7
PROMEDIO						**2.306**	**2.405**	**2.436**	**0.547**	**85.71**	**5.35**	**8.94**	**14.29**	**3.98**	**2.306**	**62.557**				**1,976**	**3.39**	**585.3**
2	5.0	5.0	1192.0	1194.7	684.8	2.339											2163	0.983	2126		4.32	492.2
3	5.0	5.0	1195.8	1199.9	686.8	2.332											2218	0.960	2129		3.56	598.1
4	5.0	5.0	1176.1	1181.9	669.5	2.297											2057	0.978	2012		3.30	609.6
PROMEDIO						**2.323**	**2.389**	**2.432**	**0.788**	**85.89**	**4.50**	**9.61**	**14.11**	**4.25**	**2.323**	**68.137**				**2,089**	**3.73**	**566.6**
2	5.5	5.5	1182.2	1185.8	674.9	2.316											1797	0.960	1725		4.06	424.9
3	5.5	5.5	1186.8	1190.3	681.5	2.334											1882	0.995	1873		4.32	433.5
4	5.5	5.5	1189.2	1190.8	682.9	2.343											1953	0.990	1933		4.57	423.1
PROMEDIO						**2.331**	**2.372**	**2.388**	**0.302**	**85.75**	**2.39**	**11.87**	**14.25**	**5.21**	**2.331**	**83.255**				**1,844**	**4.32**	**427.2**
2	6.0	6.0	1180.0	1182.4	676.8	2.336											1559	0.988	1540		4.83	318.9
3	6.0	6.0	1168.6	1170.5	670.9	2.341											1435	1.024	1469		3.56	412.8
4	6.0	6.0	1180.0	1182.4	673.1	2.319											1747	0.988	1726		5.84	295.6
PROMEDIO						**2.332**	**2.355**	**2.370**	**0.278**	**85.33**	**1.60**	**13.07**	**14.67**	**5.74**	**2.332**	**89.072**				**1,579**	**4.74**	**342.4**
2	6.5	6.5	1179.4	1181.0	675.6	2.335											1217	0.988	1202		4.83	248.9
3	6.5	6.5	1188.0	1189.0	678.0	2.327											1336	1.024	1368		5.33	256.7
4	6.5	6.5	1179.4	1181.1	674.9	2.332											1588	0.988	1569		4.32	363.2
PROMEDIO						**2.331**	**2.339**	**2.354**	**0.287**	**84.85**	**0.96**	**14.19**	**15.15**	**6.23**	**2.331**	**93.644**				**1,380**	**4.83**	**289.6**

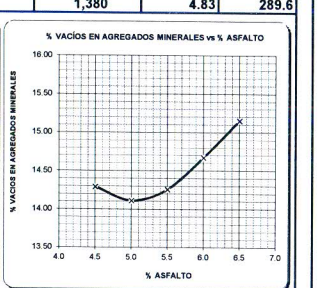












OBSERVACIONES

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay.	Fecha de ensayo:	2013-05-21

Tipo de Mezcla: MS-25 - 4.5% Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No		2	3	4	----	----
Temperatura del agua	°C	22	21.8	21.8	----	----
Temperatura ambiente	°C	23	22.9	22.9	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1187.1	1178.3	1185.7	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1195.8	1187.5	1194.8	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	679.3	676.8	680.7	----	----
Constante de corrección k		1.000950	1.000950	1.000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		2.300 ± 0.019 *	2.309 ± 0.019 *	2.308 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	2293.2 ± 19.2 *	2302.0 ± 19.3 *	2301.2 ± 19.3 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	1.684 ± 0.744 *	1.801 ± 0.796 *	1.770 ± 0.782 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente	°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C) g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen	%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LA LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay.	Fecha de ensayo:	2013-05-21

Tipo de Mezcla: MS-25 - 5.0 % Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No			2	3	4	----	----
Temperatura del agua		°C	22	21.8	21.8	----	----
Temperatura ambiente		°C	23	22.9	22.9	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1192.0	1195.8	1176.1	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1194.7	1199.9	1181.9	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	684.8	686.8	669.5	----	----
Constante de corrección k			1.000950	1.000950	1.000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$			2.339 ± 0.019 *	2.332 ± 0.019 *	2.297 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	2332.5 ± 19.5 *	2325.3 ± 19.5 *	2290.1 ± 19.2 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.530 ± 0.234 *	0.799 ± 0.353 *	1.132 ± 0.500 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LA LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay.	Fecha de ensayo:	2013-05-21

Tipo de Mezcla: MS-25 - 5.5 % Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No			2	3	4	----	----
Temperatura del agua		°C	22	21.8	21.8	----	----
Temperatura ambiente		°C	23	22.9	22.9	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1182.2	1186.8	1189.2	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1185.8	1190.3	1190.8	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	674.9	681.5	682.9	----	----
Constante de corrección k			1.000950	1.000950	1.000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.316 ± 0.019 *	2.334 ± 0.019 *	2.343 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2308.8 ± 19.3 *	2327.3 ± 19.5 *	2336.2 ± 19.6 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.705 ± 0.311 *	0.688 ± 0.304 *	0.315 ± 0.139 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LA LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay.	Fecha de ensayo:	2013-05-21

Tipo de Mezcla: MS-25 - 6.0 % Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No			2	3	4	----	----
Temperatura del agua		°C	22	22	22	----	----
Temperatura ambiente		°C	23	23	23	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1180.0	1168.6	1180	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1182.4	1170.5	1182.4	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	676.8	670.9	673.1	----	----
Constante de corrección k			1.000950	1.000950	1.000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.336 ± 0.019 *	2.341 ± 0.019 *	2.319 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2328.6 ± 19.5 *	2333.8 ± 19.5 *	2311.7 ± 19.4 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.475 ± 0.210 *	0.380 ± 0.168 *	0.471 ± 0.208 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LA LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay.	Fecha de ensayo:	2013-05-21

Tipo de Mezcla: MS-25 - 6.5 % Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No			2	3	4	----	----
Temperatura del agua		°C	22	22	22	----	----
Temperatura ambiente		°C	23	23	23	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1179.4	1188	1179.4	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1181.0	1189	1181.1	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	675.6	678	674.9	----	----
Constante de corrección k			1.000950	1.000950	1.000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.335 ± 0.019 *	2.327 ± 0.019 *	2.332 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2328.4 ± 19.5 *	2319.6 ± 19.4 *	2324.7 ± 19.5 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.317 ± 0.140 *	0.196 ± 0.086 *	0.336 ± 0.148 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LA LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

7/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay 4,5%.	Fecha de ensayo:	2013-05-21

Tipo de recipiente: Taza de vacio. Tipo de procedimiento: Pesada en aire.

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2379.2	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8751.5	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.436 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay 5.0%.	Fecha de ensayo:	2013-05-21

Tipo de recipiente: Taza de vacio. Tipo de procedimiento: Pesada en aire.

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2379.2	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8749.8	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7348.9	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.432 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

9/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay 5.5%.	Fecha de ensayo:	2013-05-21

Tipo de recipiente: Taza de vacio. Tipo de procedimiento: Pesada en aire.

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2394.0	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8740.6	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7348.9	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.388 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

10/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay 6.0 %.	Fecha de ensayo:	2013-05-21

Tipo de recipiente: Taza de vacio. Tipo de procedimiento: Pesada en aire.

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2385.1	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8727.8	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7348.9	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.370 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

11/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (15)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay 6.5. %.	Fecha de ensayo:	2013-05-21

Tipo de recipiente: Taza de vacio. Tipo de procedimiento: Pesada en aire.

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2382.9	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8719.4	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7348.8	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.354 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

12/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (15)

PROYECTO: IDU-038

Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7.

Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 4.5 % Asfalto

Fecha de Ensayo: 2013-05-23

Probeta No		2	3	4
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 4.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 4.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 4.5 % Asfalto
Temperatura Ambiente °C		24.0	24.0	24.0
Estabilidad medida (kg)		2079	1973	2084
Altura de la briqueta (mm)		65.2	64.4	65.0
Factor de correlación		0.958	0.978	0.963
Estabilidad corregida	(lbf)	4391	4254	4424
	(kgf)	1992	1930	2007
	(N)	19538	18929	19688
Flujo	(0.01")	14	12	14
	(mm)	3.56	3.05	3.56

Estabilidad Promedio (lbf) 4356 ± * 156

(kgf) 1976 ± * 71

(N) 19385 ± * 696

Flujo Promedio (0.01") 13.3 ± * 1.4

(mm) 3.39 ± * 0.36

OBSERVACIONES: ---

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente °C		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± *

(kg) ± *

(N) ± *

Flujo Promedio (0.01") ± *

(mm) ± *

OBSERVACIONES: ---

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (15) **PROYECTO:** IDU-038

Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7. Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5.0 % Asfalto Fecha de Ensayo: 2013-05-23

Probeta No		2	3	4
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5.0 % Asfalto
Temperatura Ambiente °C		24.0	24.0	24.0
Estabilidad medida (kg)		2163	2218	2057
Altura de la briqueta (mm)		64.2	65.1	64.4
Factor de correlación		0.983	0.960	0.978
Estabilidad corregida	(lbf)	4687	4694	4435
	(kgf)	2126	2129	2012
	(N)	20858	20888	19735
Flujo	(0.01")	17	14	13
	(mm)	4.32	3.56	3.30

Estabilidad Promedio (lbf) 4606 ± * 165 Flujo Promedio (0.01") 14.7 ± * 1.5

(kgf) 2089 ± * 75 (mm) 3.73 ± * 0.39

(N) 20494 ± * 736

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente °C		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± * Flujo Promedio (0.01") ± *

(kg) ± * (mm) ± *

(N) ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF2-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (15) **PROYECTO:** IDU-038

Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7. Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5.5 % Asfalto Fecha de Ensayo: 2013-05-23

Probeta No		2	3	4
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 5.5 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		24.0	24.0	24.0
Estabilidad medida (kg)		1797	1882	1953
Altura de la briqueta (mm)		65.1	63.7	63.9
Factor de correlación		0.960	0.995	0.990
Estabilidad corregida	(lbf)	3803	4128	4263
	(kgf)	1725	1873	1933
	(N)	16923	18370	18967
Flujo	(0.01")	16	17	18
	(mm)	4.06	4.32	4.57

Estabilidad Promedio (lbf) 4065 ± * 146 (kgf) 1844 ± * 66 (N) 18087 ± * 650

Flujo Promedio (0.01") 17.0 ± 1.8 (mm) 4.32 ± 0.45

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± * (kg) ± * (N) ± *

Flujo Promedio (0.01") ± * (mm) ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (15) **PROYECTO:** IDU-038

Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7. Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6.0 % Asfalto Fecha de Ensayo: 2013-05-23

Probeta No		2	3	4
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6.0 % Asfalto
Temperatura Ambiente °C		24.0	24.0	24.0
Estabilidad medida (kg)		1559	1435	1747
Altura de la briqueta (mm)		64.0	62.6	64.0
Factor de correlación		0.988	1.024	0.988
Estabilidad corregida	(lbf)	3396	3240	3805
	(kgf)	1540	1469	1726
	(N)	15110	14415	16932
Flujo	(0.01")	19	14	23
	(mm)	4.83	3.56	5.84

Estabilidad Promedio (lbf) 3480 ± * 125

(kgf) 1579 ± * 57

(N) 15486 ± * 556

Flujo Promedio (0.01") 18.7 ± 2.0 *

(mm) 4.74 ± 0.50 *

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente °C		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± *

(kg) ± *

(N) ± *

Flujo Promedio (0.01") ± *

(mm) ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

ONAC
ACREDITADO ISO/IEC 17025:2005
09-LAB-023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (15)

PROYECTO: IDU-038

Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7.

Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6.5 % Asfalto

Fecha de Ensayo: 2013-05-23

Probeta No		2	3	4
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MS-25 - 6.5 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		24.0	24.0	24.0
Estabilidad medida (kg)		1217	1336	1588
Altura de la briqueta (mm)		63.4	64.0	63.6
Factor de correlación		0.988	1.024	0.988
Estabilidad corregida	(lbf)	2651	3016	3459
	(kgf)	1202	1368	1569
	(N)	11796	13421	15391
Flujo	(0.01")	19	21	17
	(mm)	4.83	5.33	4.32

Estabilidad Promedio (lbf) 3042 ± * 109

(kgf) 1380 ± * 50

(N) 13536 ± * 486

Flujo Promedio (0.01") 19.0 ± 2.0 *

(mm) 4.83 ± 0.51 *

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± *

(kg) ± *

(N) ± *

Flujo Promedio (0.01") ± *

(mm) ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

Bogotá, 29 de julio de 2013

LAB_P024(26)_13 (1) SUPLEMENTO

Señores
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
Departamento de Ingeniería Civil
Atn: Ing. Freddy Alberto Reyes Lizcano
Ext. 5270
Bogotá

Referencia: **REMISIÓN DEL SUPLEMENTO AL INFORME LAB_P024 (26)_13 (1) DE FECHA 29 DE JULIO DE 2013.**

Apreciados Señores:

A continuación se presenta el Suplemento al informe parcial LAB_P024 (26)_13 (1) DE FECHA 29 DE JULIO DE 2013, correspondiente a los ensayos de Módulo dinámico elástico-Curva Maestra, de acuerdo a la solicitud realizada por ustedes de repetir el ensayo.

Para la realización de los ensayos se utilizó la metodología indicada en las normas relacionadas en los formatos de informe de resultados, INV E 749-07. Las muestras sujetas a ensayo fueron entregadas por el solicitante y por lo tanto los resultados solo afectan los objetos sometidos al ensayo.

Le informamos que en caso de haber muestras sobrantes estas se conservarán por un período de un mes.

El presente informe no deberá reproducirse parcial o completamente sin la aprobación por escrito de los Laboratorios de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. (Literal K del artículo 12, Anexo 3 de la resolución 140 del 4 de febrero de 1994 de la Superintendencia de Industria y Comercio del ministerio de Desarrollo).

Quedo atento a cualquier inquietud que estimen conveniente.

DANIEL MAURICIO RUIZ VALENCIA
Jefe de Laboratorio

Anexo: Módulo dinámico elástico-Curva Maestra (1 página).

Calle 40 No. 5-50 Facultad de Ingeniería - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá , D.C.
Telfax. (57-1) 3208320 Ext. 5373 5399 5269 5268

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO ELÁSTICO - CURVA MAESTRA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-03 — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 749-07

Suplemento al informe LAB_P024(26)-13(1) de fecha 29 de Julio de 2013

CODIGO ORDEN: P024-13(26) | **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024-P025-10 | **Fecha Recepción:** 2013-07-19

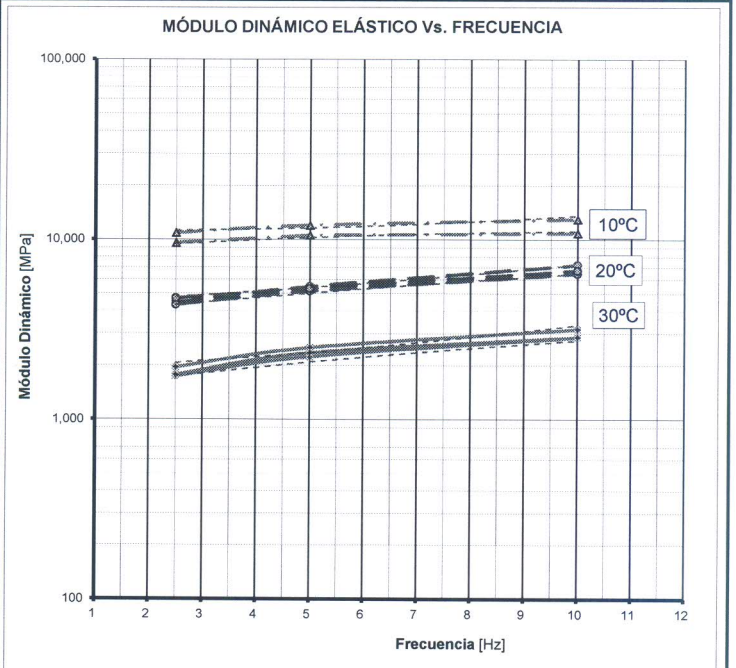
Descripción: Briquetas Tipo Marshall. | **Fecha de Ensayo:** 2013-09-25

Muestra: MS-25 con asfálto Apiay 60-70 (STOA).

Ts = 10 °C

T [°C]	Referencia	f [Hz]	X	Módulo Dinámico [MPa]
10	P024 y P025-10-1-1	2.50	0.92	9861.50
		5.00	1.61	11168.50
		10.00	2.30	12722.00
	P024 y P025-10-1-2	2.50	0.92	9586.00
		5.00	1.61	10571.50
		10.00	2.30	10891.00
	P024 y P025-10-1-3	2.50	0.92	10886.50
		5.00	1.61	12036.00
		10.00	2.30	13017.50
20	P024 y P025-10-1-4	2.50	-2.12	4451.50
		5.00	-1.43	5474.00
		10.00	-0.73	7221.00
	P024 y P025-10-1-5	2.50	-2.12	4329.50
		5.00	-1.43	5153.50
		10.00	-0.73	6453.00
	P024 y P025-10-1-6	2.50	-2.12	4710.00
		5.00	-1.43	5331.00
		10.00	-0.73	6721.50
30	P024 y P025-10-1-7	2.50	-4.96	1951.00
		5.00	-4.26	2508.00
		10.00	-3.57	3177.00
	P024 y P025-10-1-8	2.50	-4.96	1741.00
		5.00	-4.26	2233.00
		10.00	-3.57	2870.50
	P024 y P025-10-1-9	2.50	-4.96	1772.50
		5.00	-4.26	2344.00
		10.00	-3.57	2868.00

ISOTERMAS

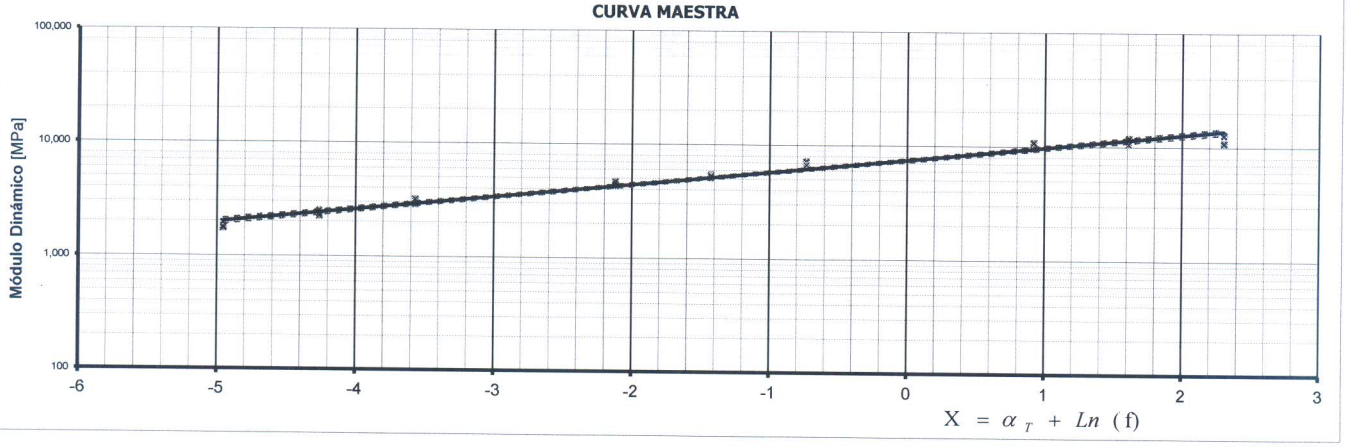


$$X = \alpha_T + Ln(f)$$

$$\alpha_T = 2{,}52 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)$$

X = Parámetro de reducción de la Curva Maestra.
α_T = factor de modificación en función de la temperatura.
f = frecuencia de la prueba en Hz.
T= Temperatura absoluta de la prueba (T=T°C+273,15).
Ts= Temperatura absoluta de referencia (Ts=Ts°C+273,15).

CURVA MAESTRA



OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

CODIGO ORDEN: P024-13 (26) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7.

Descripción: Briquetas Tipo Marshall (STOA) - MS-25 Asfalto 60-70. Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico

Muestra: Apiay

Fecha Recepción: 2013-07-19

Fecha de Ensayo: 2013-07-26

MUESTRA	TEMP. [°C]	FREC. [Hz]	σ_{max} [kPa]	ε_o ; N 100 [$\mu\varepsilon$]	S_{me} [MPa]	Ciclos de falla N_f	OBSERVACIONES
1_2	20	2.5	400	891	920	1,004	
1_3	20	2.5	350	521	1,378	2,582	
1_4	20	2.5	250	244	2,104	15,580	
1_7	20	2.5	220	287	1,570	20,432	
1_6	20	2.5	200	257	1,598	43,558	
1_1	20	2.5	150	138	2,222	321,007	
1_9	20	2.5	100	69	2,955	858,032	

$$\varepsilon_{x,max} = \frac{\sigma_{x,max} \cdot (1+3 \cdot \nu)}{S_{me}} \cdot 1.000$$

$\varepsilon_{x,max}$: Deformación inicial horizontal máxima de tensión en el centro de la muestra

$\sigma_{x,max}$: Esfuerzo máximo de tensión aplicado en el centro de la muestra

S_{me} : Módulo Dinámico Elástico bajo un esfuerzo controlado de

ν : Relación de Poisson's asumida como 0,35

Nota 1: ***si*** $R^2 < 0,90$ se debe ensayar una nueva muestra y agregarla al rango de datos, si después de agregar 10 datos nuevos $R^2 < 0,90$, se debe reportar un informe con el significado estadístico de los datos.

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

Vo Bo / D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/8

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

CODIGO ORDEN: P024-13 (26)

PROYECTO: IDU 038

Referencia: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7.

Descripción: Briquetas Tipo Marshall (STOA) - MS-25 Asfalto 60-70.

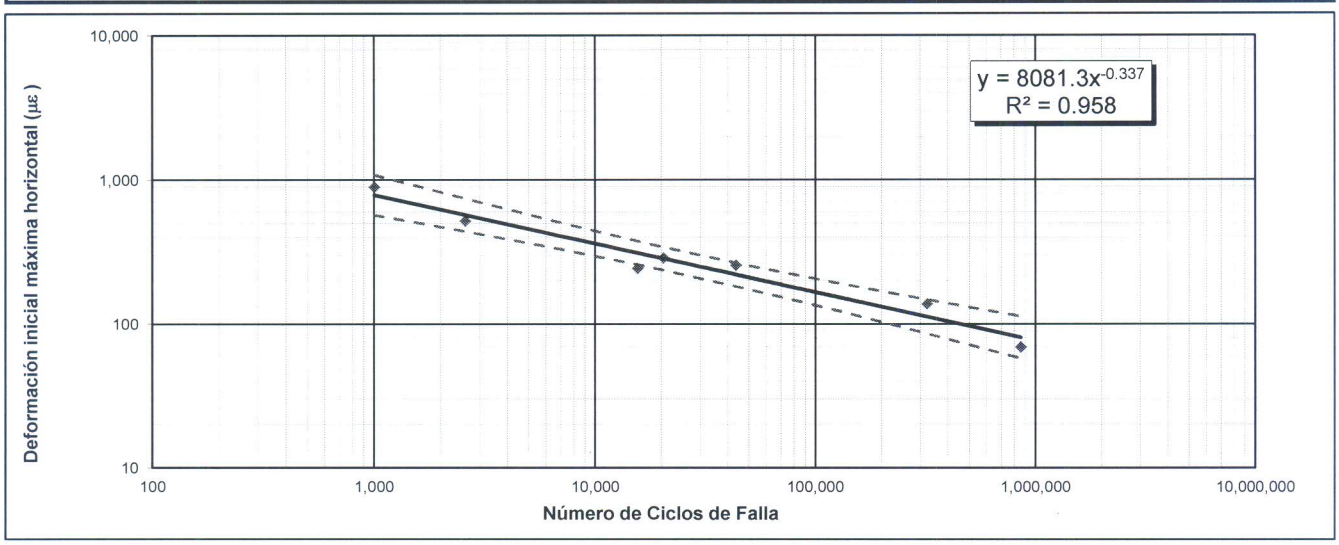
Localización: ----

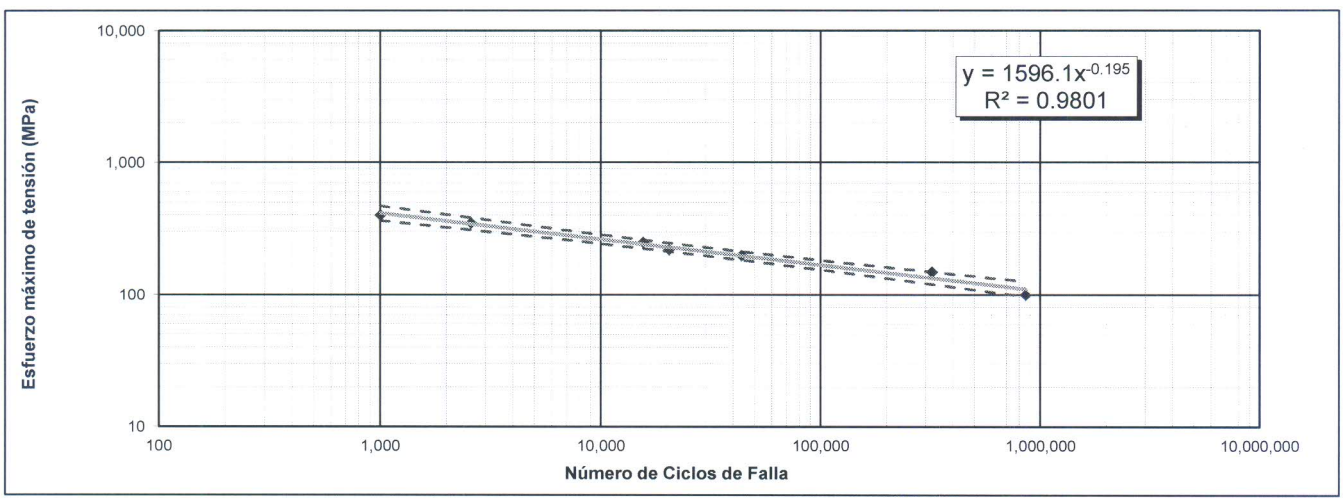
Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico

Muestra: Apiay

Fecha Recepción: 2013-07-19

Fecha de Ensayo: 2013-07-26





OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 (17)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70.	Fecha de ensayo:	2013-07-11

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	1	3	7
Altura del espécimen (mm)	69.9	70.3	70.0
Diametro del espécimen (mm)	100.2	100.2	100.1
Vacios (%)	6.3	7.9	7.6
Promedio Vacios (%)	7.3		
Lectura de carga (kg)	745	705	646
Carga Máxima (N)	7308.5	6916.1	6337.3
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	664.4	625.4	575.3

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **621.7**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	2	4	8
Altura del espécimen (mm)	69.0	68.4	69.3
Diametro del espécimen (mm)	100.2	100.1	100.1
Vacios (%)	7.4	6.4	6.7
Promedio Vacios (%)	6.8		
Lectura de carga (kg)	606	588	582
Carga Máxima (N)	5944.9	5768.3	5709.4
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	547.4	536.5	523.9

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **535.9**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)= 86.2**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP / D R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 (17)-13 PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70.

Fecha de recepción: 2013-04-11

Fecha de ensayo: 2013-07-11

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	2	4	8
Peso del espécimen seco al aire (g)	1193.6	1189.8	1194.3
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1218.5	1213.2	1220.0
Volumen de agua absorbida (cm^3)	24.9	23.4	25.7
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	533.1	526	529.0
Volumen de vacios (cm^3)	39.4	33.7	35.4
Saturación (%)	63.1	69.5	72.5
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)	**68.4**		
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1225.6	1219.5	1224.1
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	32.0	29.7	29.8
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	81.1	88.2	84.1
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)	**84.5**		

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 (17)-13 PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70.

Fecha de recepción: 2013-04-11

Fecha de ensayo: 2013-07-11

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	2	4	8
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	681.6	683.6	687.4
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	536.9	529.6	532.6
Hinchamiento (%)	0.7	0.7	0.7
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**0.7**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	688.1	689.8	692.3
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	537.5	529.7	531.8
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	0.8	0.7	0.5
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**0.7**		

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/D.A
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 y 025(17)-13	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Briquetas tipo Marshall.	Fecha de ensayo:	2013-06-11

Tipo de Mezcla: MS-25 asfalto 60 -70 Apiay. Método Utilizado: A

Briqueta No			1	2	3	---	---
Temperatura del agua		°C	22	22	21.7	----	----
Temperatura ambiente		°C	22	22	21.6	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1193.2	1193.6	1193.6	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1199.7	1202.5	1206.1	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	673.2	669.4	669.9	----	----
Constante de corrección k			1.000950	1.000950	1.000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$			2.268 ± 0.018*	2.241 ± 0.018*	2.228 ± 0.018*	---- *	---- *
Densidad $_{25^oC}$		kg/m^3	2261.2 ± 18.9*	2233.9 ± 18.7*	2221.0 ± 18.6*	---- *	---- *
Agua absorbida por volumen		%	1.235 ± 0.273*	1.669 ± 0.369*	2.331 ± 0.515*	---- *	---- *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: MS-25 asfalto 60 -70 Apiay. Método Utilizado: A

Briqueta No			4	7	8	----	----
Temperatura del agua		°C	22	22	22	----	----
Temperatura ambiente		°C	22	22	22	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1189.8	1192.6	1194.3	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1199.1	1207.1	1204.5	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	673.1	673.2	675.5	----	----
Constante de corrección k			1.00095	1.00095	1.00095	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25^oC}$			2.264 ± 0.018*	2.235 ± 0.018*	2.259 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25^oC}$		kg/m^3	2256.9 ± 18.9*	2228.7 ± 18.7*	2252.6 ± 18.9*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	1.768 ± 0.391*	2.716 ± 0.600*	1.928 ± 0.426*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (17) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7. Fecha de recepción: 2013-04-11
Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70
Descripción: Apiay. Fecha de ensayo: 2013-06-24

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		2	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2373.6	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8741.9	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.2	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.420 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

5/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-02

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 (17)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de ensayo:	2013-07-10
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto Apiay	Fecha de recepción:	2013-04-11

Referencia	1	2	3
Gravedad específica bulk	2.268	2.241	2.228
Gravedad específica máxima teórica	2.42	2.42	2.42
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6.3%	7.4%	7.9%

OBSERVACIONES:

Referencia	4	7	8
Gravedad específica bulk	2.264	2.235	2.259
Gravedad específica máxima teórica	2.42	2.42	2.42
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6.4%	7.6%	6.7%

OBSERVACIONES:

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULO: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISO: ING. DE LABORATORIO

6/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 (36)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay.	Fecha de recepción:	2013-08-26
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-09-09

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	10	2	5
Altura del espécimen (mm)	68.3	69.2	68.1
Diametro del espécimen (mm)	100.0	100.0	100.0
Vacios (%)	7.7	7.7	7.6
Promedio Vacios (%)		7.7	
Lectura de carga (kg)	1196	1205	1239
Carga Máxima (N)	11732.8	11821.1	12154.6
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	1093.4	1087.8	1135.6

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **1105.6**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	3	4	8
Altura del espécimen (mm)	68.5	69.2	69.4
Diametro del espécimen (mm)	100.0	100.0	100.0
Vacios (%)	7.5	7.0	7.0
Promedio Vacios (%)		7.2	
Lectura de carga (kg)	1120	1148	1104
Carga Máxima (N)	10987.2	11261.9	10830.2
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	1021.9	1036.7	992.7

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **1017.1**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)=** **92.0**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

9/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 (36)-13 PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay.

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70 (STOA).

Fecha de recepción: 2013-08-26

Fecha de ensayo: 2013-09-09

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	3	4	8
Peso del espécimen seco al aire (g)	1189.4	1188.8	1189.1
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1219.1	1215.1	1213.6
Volumen de agua absorbida (cm^3)	29.7	26.3	24.5
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	529.5	526.4	527.1
Volumen de vacios (cm^3)	39.7	36.8	36.9
Saturación (%)	74.8	71.4	66.4
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)	**70.9**		
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1226.9	1222.2	1222.9
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	37.5	33.4	33.8
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	94.4	90.6	91.6
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)	**92.2**		

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

8/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 (36)-13 PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay.

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70 (STOA).

Fecha de recepción: 2013-08-26

Fecha de ensayo: 2013-09-09

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	3	4	8
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	687.1	683.5	685.3
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	532.0	531.6	528.3
Hinchamiento (%)	0.5	1.0	0.2
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**0.6**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	694.1	691.4	692.3
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	532.8	530.8	530.6
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	0.6	0.8	0.7
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**0.7**		

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

9/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-02

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 (36)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de ensayo:	2013-07-10
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MS 25 Asfalto 60-70 Apiay (STOA).	Fecha de recepción:	2013-08-26

Referencia	2	3	4
Gravedad específica bulk	2.241	2.248	2.260
Gravedad específica máxima teórica	2.429	2.429	2.429
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7.7%	7.5%	7.0%

OBSERVACIONES:

Referencia	5	8	10
Gravedad específica bulk	2.244	2.258	2.241
Gravedad específica máxima teórica	2.429	2.429	2.429
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7.6%	7.0%	7.7%

OBSERVACIONES:

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

10/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (36)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-08-26
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-09-06

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2379.0	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8748.7	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.429 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

11/12

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (36)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-08-26
Descripción:	Mezcla asfaltica MS 25 con ligante asfáltico Apiay 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-09-06

Tipo de Mezcla: MS-25 asfalto 60 -70 Apiay. Método Utilizado: A

Briqueta No			2	3	4	----	----
Temperatura del agua		°C	21	21.4	21.4	----	----
Temperatura ambiente		°C	22	22.3	22.3	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1190.8	1189.4	1188.8	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1203.6	1194	1192.3	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	671.9	664.5	665.9	----	----
Constante de corrección k			1.000950	1.000950	1.000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.241 ± 0.018 *	2.248 ± 0.018 *	2.260 ± 0.018 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2234.5 ± 18.7 *	2241.2 ± 18.8 *	2253.2 ± 18.9 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	2.407 ± 0.532 *	0.869 ± 0.192 *	0.665 ± 0.147 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: MS-25 asfalto 60 -70 Apiay. Método Utilizado: A

Briqueta No			5	8	10	----	----
Temperatura del agua		°C	21.4	21.4	21.4	----	----
Temperatura ambiente		°C	22.3	22.3	22.3	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1189.8	1189.1	1185.8	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1197.0	1194.5	1194.5	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	666.5	667.4	665	----	----
Constante de corrección k			1.00095	1.00095	1.00095	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.244 ± 0.018 *	2.258 ± 0.018 *	2.241 ± 0.018 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2237.7 ± 18.7 *	2250.8 ± 18.9 *	2234.4 ± 18.7 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	1.357 ± 0.600 *	1.024 ± 0.453 *	1.643 ± 0.726 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

12/12

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF3-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5255

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE LA PISTA DE ENSAYO DE LABORATORIO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INVE 756-07

CODIGO ORDEN:	**P024-13(26)**	**PROYECTO:**	**IDU 038**

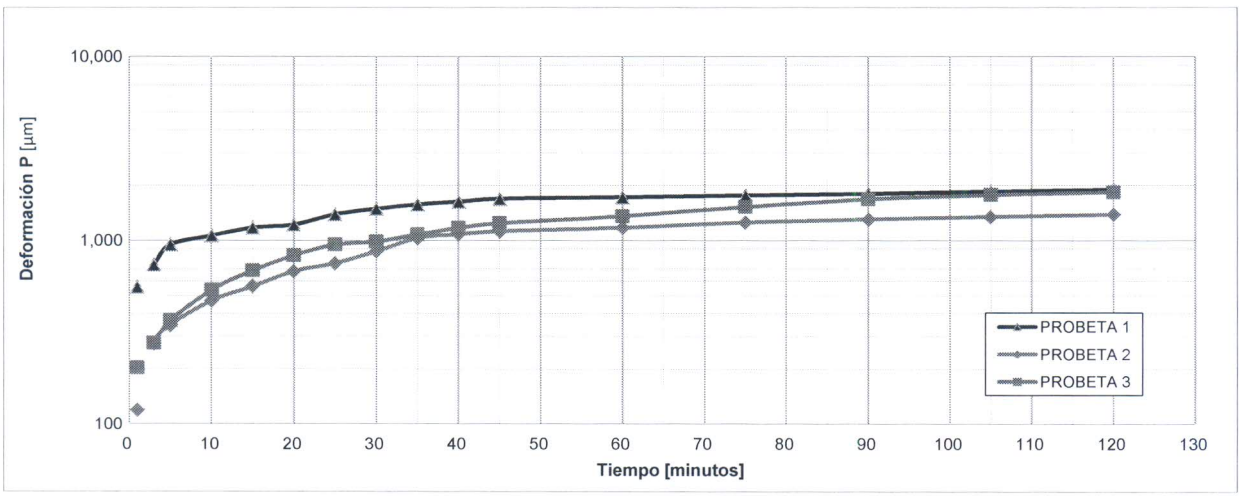
Referencia: P024-P025-1
Muestra: Mezcla asfáltica MS-25 Asfálto Apiay 60-70 (STOA)
Descripción: Panela de asfalto.

Fecha Recepción: 7/19/2013
Fecha de Ensayo: 8/5/2013

I. DATOS DE ENSAYO

Temperatura de ensayo:	(°C)	60
Presión de contacto	(kN/m^2)	900

II. RESULTADOS - GRAFICA DEFORMACIÓN VS TIEMPO



II. RESULTADOS

		Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Deformación total al final del ensayo	(µm)	1900.0	1390.0	1840.0
Velocidad en el intervalo 30 a 45 minutos, V30/45	(µm)/ min	13	17	15
Velocidad en el intervalo de 75 a 90 minutos, V75/90	(µm)/ min	3	3	11
Velocidad en el intervalo de 105 a 120 minutos, V105/120	(µm)/ min	3	3	4

OBSERVACIONES

JEISSON DUBIER HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

ANEXO J. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MG20 con asfalto Barrancabermeja 60-70

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MG20 con asfalto Barrancabermeja 60-70 listados a continuación:

- Diseño de mezcla asfáltica.
- Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de las mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la fatiga a esfuerzo controlado a la mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la deformación plástica de la mezcla asfáltica mediante la pista de ensayo de laboratorio sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5255

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF 2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-98

CÓDIGO ORDEN: P024 -13 (19) **PROYECTO:** IDU 038

REFERENCIA: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7.

LOCALIZACIÓN: ---

DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MG 20, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Barrancabermeja.

MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

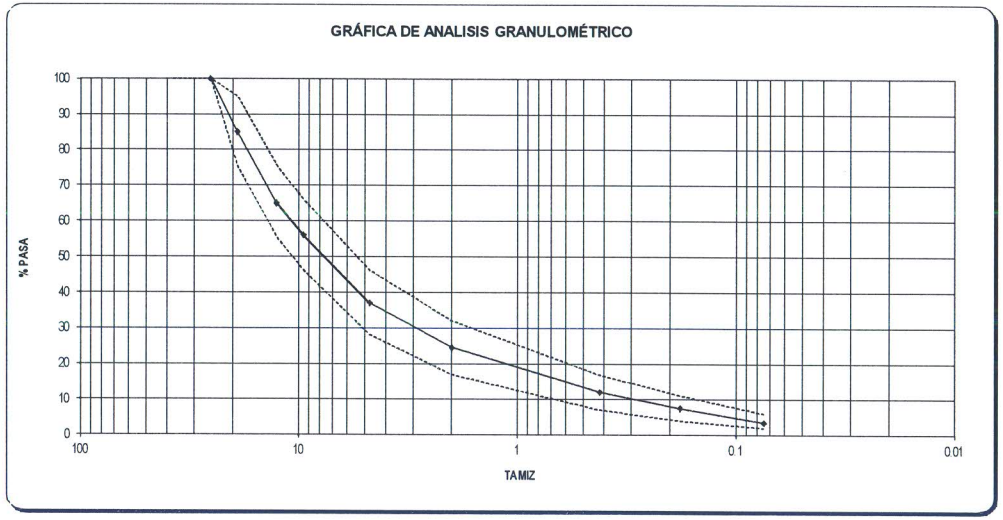
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-04-11

FECHA DE ENSAYO: 2013-07-05

I. GRADACIÓN COMBINADA PARA LA MEZCLA

Tamaño Tamiz pg / mm	Tamaño Tamiz - % Pasa										% Óptimo de c/material
	1½"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	80	200	
	37.5	25.4	19.1	12.7	9.53	4.76	2	0.42	0.18	0.075	
COMBINADO	100	100.0	85.0	65.0	56.0	37.0	24.5	12.0	7.5	3.5	100.0
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--
MEZCLA	**100**	**100**	**85**	**65**	**56**	**37**	**25**	**12**	**8**	**4**	

ESPECIFICACION	100	100	75	55	46	28	17	7	4	2
MS-25	100	100	95	75	66	46	32	17	11	6
Tamiz mm	37.5	25.4	19	12.5	9.5	4.75	2	0.425	0.18	0.075



II. DISEÑO DE LA MEZCLA

CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO : 4.7 %

TEMPERATURA DE MEZCLA : 150 °C

TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN: 140 °C

III. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

CARACTERISTICA	UND	DISEÑO	ESPECIFICACION
DENSIDAD BULK	kg/m^3	2.304	---
ESTABILIDAD	kg	1325	900 mín
VACIOS CON AIRE	%	4.5	4-6
VACIOS LLENOS DE ASFALTO	%	68	65-75
FLUJO	mm	3.4	2-3.5
VACIOS EN AGREG. MINERAL	min	14.5	≥ 14

IV. OBSERVACIONES

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD
FACULTAD DE
DEPARTAMENTO INGE
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonad
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5373

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: IN

CÓDIGO ORDEN: P024 -13 (19) **PROYECTO:** IDU 038

REFERENCIA: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7. **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2013-04-11

LOCALIZACIÓN: --- **FECHA DE ENSAYO:** 2013-07-05

DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MG 20, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Barrancabermeja.

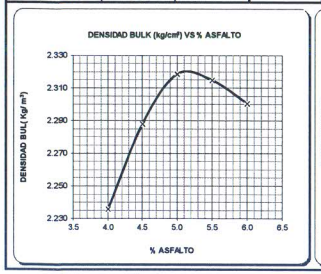
MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja,

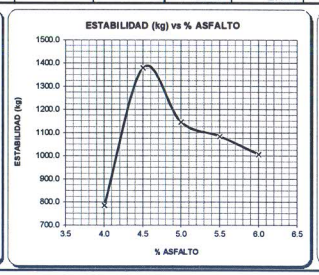
Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural(Rio Coello):	Muestras 2-4-5-6 (gruesos)	Gs	2.574
Arena de peña (Ingescol Soacha):	024-025-7	Gs	2.509
Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar).	024 - 025-3	Gs	2.560
Ligante asfáltico Barrancabermeja	024-025-1	Gs	---

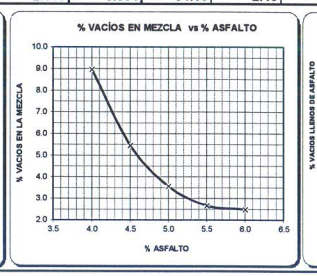
Gs ASFALTO : 1.021

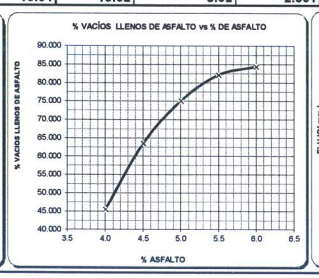
Gs AGREGADOS PARA DISEÑO : 2.569

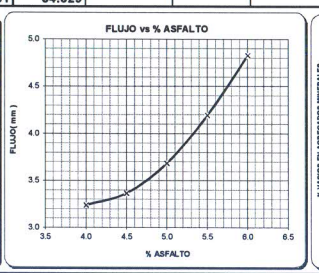
MEZCLA No.	% DE ASFALTO	% ASFALTO DISEÑO	PESO EN GRAMOS			PESO ESPECIFICO			ASFALTO ABSORBIDO %	VOLUMEN - % TOTAL			VACÍOS EN AGREGADOS MINERALES	% DE ASFALTO EFECTIVO	PESO UNITARIO g/cm³	% DE VACÍOS LLENOS DE ASFALTO						
			SECA EN AIRE	S.S.S EN AIRE O PARAFINADO*	EN AGUA	BULK	MÁXIMO TEÓRICO	MÁXIMO MEDIDO		AGREGADOS	VACÍOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO					CARGA (kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	ESTABILIDAD (kg)	FLUJO mm	RE EST/ F
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	L	m	n	o	p		r	s	k			
						$\frac{d}{e-f}$			$\frac{(i-h)\,10}{h\,(100-b)}$	$\frac{(100-b)\,g}{G\,agr}$	$\left(1-\frac{g}{f}\right)*100$	100 - K - L	100 - K	$b-\frac{J\,(100-b)}{100}$		(m / n)*100						
1	4.0	4.0	1156.6	1189.8*	643.9	2.275											1048	0.943	988		2.79	
2	4.0	4.0	1179.7	1215.8*	645.5	2.228											955	0.866	827		3.30	
3	4.0	4.0	1186.1	1224.3*	648.9	2.229											800	0.856	685		3.56	
4	4.0	4.0	1171.4	1219.0*	635.3	2.211											784	0.819	642		3.30	
PROMEDIO	**4.0**					**2.236**	**2.422**	**2.456**	**0.595**	**83.55**	**8.97**	**7.49**	**16.45**	**3.43**	**2.236**	**45.495**				**786**	**3.24**	
1	4.5	4.5	1184.1	1224.5*	664.6	2.303											1398	0.898	1255		3.30	
2	4.5	4.5	1182.6	1216.8*	656.4	2.267											1360	0.910	1238		3.81	
3	4.5	4.5	1182.9	1221.6*	658.9	2.279											1626	0.920	1496		3.30	
4	4.5	4.5	1187.7	1220.3*	667.8	2.303											1628	0.939	1529		3.05	
PROMEDIO	**4.5**					**2.288**	**2.405**	**2.420**	**0.274**	**85.05**	**5.45**	**9.49**	**14.95**	**4.24**	**2.288**	**63.505**				**1,379**	**3.37**	
1	5.0	5.0	1186.3	1218.1*	677.8	2.352											1408	0.898	1264		3.56	
2	5.0	5.0	1176.2	1208.7*	656.9	2.284											1257	0.910	1144		3.30	
3	5.0	5.0	1177.8	1207.0*	670.2	2.338											1100	0.920	1012		4.32	
4	5.0	5.0	1173.6	1205.8*	659.1	2.300											1238	0.939	1162		3.56	
PROMEDIO	**5.0**					**2.319**	**2.388**	**2.404**	**0.296**	**85.74**	**3.56**	**10.71**	**14.26**	**4.72**	**2.319**	**75.065**				**1,146**	**3.69**	
1	5.5	5.5	1181.9	1214.0*	665.6	2.308											1174	0.943	1107		4.32	
2	5.5	5.5	1184.0	1215.0*	667.8	2.312											1207	0.951	1148		3.81	
3	5.5	5.5	1190.1	1220.2*	679.8	2.350											1109	0.970	1076		4.32	
4	5.5	5.5	1189.6	1226.2*	665.2	2.289											1105	0.910	1006		4.32	
PROMEDIO	**5.5**					**2.315**	**2.371**	**2.378**	**0.129**	**85.15**	**2.66**	**12.19**	**14.85**	**5.38**	**2.315**	**82.092**				**1,084**	**4.19**	
1	6.0	6.0	1169.1	1172.2	659.5	2.282											1071	0.947	1014		4.83	
2	6.0	6.0	1184.6	1186.1	673.0	2.310											1101	0.956	1053		5.08	
3	6.0	6.0	1182.8	1185.6	669.2	2.292											996	0.900	896		4.83	
4	6.0	6.0	1169.1	1172.1	667.4	2.318											1083	0.980	1061		4.57	
PROMEDIO	**6.0**					**2.301**	**2.355**	**2.359**	**0.084**	**84.18**	**2.48**	**13.34**	**15.82**	**5.92**	**2.301**	**84.329**				**1,006**	**4.83**	

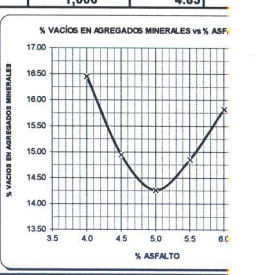












OBSERVACIONES

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-07

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS EMPLEANDO ESPECIMENES PARAFINADOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-07

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 734-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (19) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7. Fecha de Recepción: 2013-04-11

Descripción: Mezcla asfaltica MG 20 4.0% con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja. Fecha de Ensayo: 2013-07-05

Briqueta No		1	2	3	4	----
Temperatura del agua	°C	24.6	24.6	24.6	24.6	----
Peso del espécimen en el aire	(A) g	1156.6	1179.7	1186.1	1171.4	----
Peso del espécimen seco más parafina	(D) g	1189.8	1215.8	1224.3	1219	----
Peso del espécimen seco más parafina en agua	(E) g	643.9	645.5	648.9	635.3	----
Peso específico de la parafina a 25°C	(F)	0.887	0.887	0.887	0.887	----
Constante de corrección k		1.000253	1.000253	1.000253	1.000253	----
Gravedad específica bulk $_{25°C}$		2.275 ± 0.022 *	2.228 ± 0.022 *	2.229 ± 0.022 *	2.211 ± 0.022 *	---- ± --- *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	2268 ± 22 *	2221 ± 22 *	2222 ± 22 *	2204 ± 21 *	---- ± --- *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Peso del espécimen en el aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del espécimen seco más parafina	(D) g	----	----	----	----	----
Peso del espécimen seco más parafina en agua	(E) g	----	----	----	----	----
Peso específico de la parafina a 25°C	(F)	----	----	----	----	----
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad específica bulk $_{25°C}$		---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-07

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS EMPLEANDO ESPECIMENES PARAFINADOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-07

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 734-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (19) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7. Fecha de Recepción: 2013-04-11

Descripción: Mezcla asfaltica MG 20 4.5% con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja. Fecha de Ensayo: 2013-07-05

Briqueta No			1	2	3	4	----
Temperatura del agua		°C	24.6	24.6	24.6	24.6	----
Peso del espécimen en el aire	(A)	g	1184.1	1182.6	1182.9	1187.7	----
Peso del espécimen seco más parafina	(D)	g	1224.5	1216.8	1221.6	1220.3	----
Peso del espécimen seco más parafina en agua	(E)	g	664.6	656.4	658.9	667.8	----
Peso específico de la parafina a 25°C	(F)		0.887	0.887	0.887	0.887	----
Constante de corrección k			1.000253	1.000253	1.000253	1.000253	----
Gravedad específica bulk $_{25°C}$			2.303 ± 0.023 *	2.267 ± 0.022 *	2.279 ± 0.022 *	2.303 ± 0.023 *	---- ± --- *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	2296 ± 22 *	2260 ± 22 *	2273 ± 22 *	2297 ± 22 *	---- ± --- *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Peso del espécimen en el aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del espécimen seco más parafina	(D)	g	----	----	----	----	----
Peso del espécimen seco más parafina en agua	(E)	g	----	----	----	----	----
Peso específico de la parafina a 25°C	(F)		----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad específica bulk $_{25°C}$			---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
.CULÓ: COORDINADOR DE LABORATO

P/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-07

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS EMPLEANDO ESPECIMENES PARAFINADOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-07 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 734-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (19) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7. Fecha de Recepción: 2013-04-11

Descripción: Mezcla asfaltica MG 20 5.0 % con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja. Fecha de Ensayo: 2013-07-05

Briqueta No		1	2	3	4	----
Temperatura del agua	°C	24.6	24.6	24.6	24.6	----
Peso del espécimen en el aire	(A) g	1186.3	1176.2	1177.8	1173.6	----
Peso del espécimen seco más parafina	(D) g	1218.1	1208.7	1207	1205.8	----
Peso del espécimen seco más parafina en agua	(E) g	677.8	656.9	670.2	659.1	----
Peso específico de la parafina a 25°C	(F)	0.887	0.887	0.887	0.887	----
Constante de corrección k		1.000253	1.000253	1.000253	1.000253	----
Gravedad específica bulk $_{25°C}$		2.352 ± 0.023 *	2.284 ± 0.022 *	2.338 ± 0.023 *	2.300 ± 0.023 *	---- ± --- *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	2345 ± 23 *	2277 ± 22 *	2331 ± 23 *	2293 ± 22 *	---- ± --- *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Briqueta No		----	----	----	----	----
Temperatura del agua	°C	----	----	----	----	----
Peso del espécimen en el aire	(A) g	----	----	----	----	----
Peso del espécimen seco más parafina	(D) g	----	----	----	----	----
Peso del espécimen seco más parafina en agua	(E) g	----	----	----	----	----
Peso específico de la parafina a 25°C	(F)	---	---	---	---	---
Constante de corrección k		----	----	----	----	----
Gravedad específica bulk $_{25°C}$		---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *
Densidad $_{25°C}$	kg/m^3	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

P P/ D R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-07

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS EMPLEANDO ESPECIMENES PARAFINADOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-07 — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 734-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (19) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7. Fecha de Recepción: 2013-04-11

Descripción: Mezcla asfaltica MG 20 5.5% con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja. Fecha de Ensayo: 2013-07-05

Briqueta No			1	2	3	4	----
Temperatura del agua		°C	24.6	24.6	24.6	24.6	----
Peso del espécimen en el aire	(A)	g	1181.9	1184	1190.1	1189.6	----
Peso del espécimen seco más parafina	(D)	g	1214	1215	1220.2	1226.2	----
Peso del espécimen seco más parafina en agua	(E)	g	665.6	667.8	679.8	665.2	----
Peso específico de la parafina a 25°C	(F)		0.887	0.887	0.887	0.887	----
Constante de corrección k			1.000253	1.000253	1.000253	1.000253	----
Gravedad específica bulk $_{25°C}$			2.308 ± 0.023 *	2.312 ± 0.023 *	2.350 ± 0.023 *	2.289 ± 0.022 *	---- ± --- *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	2301 ± 22 *	2305 ± 22 *	2343 ± 23 *	2283 ± 22 *	---- ± --- *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Peso del espécimen en el aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del espécimen seco más parafina	(D)	g	----	----	----	----	----
Peso del espécimen seco más parafina en agua	(E)	g	----	----	----	----	----
Peso específico de la parafina a 25°C	(F)		---	---	---	---	---
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad específica bulk $_{25°C}$			---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± -- *	---- ± --- *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± --- *	---- ± ---- *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

6/17

Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (19) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7. Fecha recepción: 2013-04-11

Descripción: Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja. Fecha de ensayo: 2013-07-05

Tipo de Mezcla MG-20 - 6.0% Asfalto 60-70. Método Utilizado A

Briqueta No			1	2	3	4	---
Temperatura del agua		°C	23	22.5	22.5	22.5	---
Temperatura ambiente		°C	23	22.6	22.6	22.6	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1169.1	1184.6	1182.8	1169.1	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1172.2	1186.1	1185.6	1172.1	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	659.5	673	669.2	667.4	---
Constante de corrección k			1.000728	1.000728	1.000728	1.000728	
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.282 ± 0.018 *	2.310 ± 0.019 *	2.292 ± 0.019 *	2.318 ± 0.019 *	± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2275.1 ± 19.1 *	2303.5 ± 19.3 *	2285.3 ± 19.1 *	2311.2 ± 19.4 *	± *
Agua absorbida por volumen		%	0.605 ± 0.267 *	0.292 ± 0.129 *	0.542 ± 0.240 *	0.594 ± 0.263 *	± *

OBSERVACIONES:

F

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla ---- Método Utilizado ---

Briqueta No			---	---	---	---	---
Temperatura del agua		°C	---	---	---	---	---
Temperatura ambiente		°C	---	---	---	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	---	---	---	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	---	---	---	---	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	---	---	---	---	---
Constante de corrección k							
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			± *	± *	± *	± *	± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	± *	± *	± *	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	± *	± *	± *	± *	± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

7/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (19)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja 4,0% de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-06-18

Tipo de recipiente: _____ Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2380.4	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8760.0	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7348.9	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.456 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (19)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja 4,5% de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-06-18

Tipo de recipiente: _____ Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		2	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2373.7	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8741.9	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.2	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.420 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D. R.
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

9/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (19)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja 5.0 % de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-06-18

Tipo de recipiente: _____ Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		3	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2356.2	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8725.2	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.3	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.404 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (19)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja 5.5 % de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-06-18

Tipo de recipiente: _____ Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		4	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2364.8	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8719.9	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.4	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.378 * ± 0.007	----- * ±	----- * ±	----- * ±	----- * ±

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- * ±	----- * ±	----- * ±	----- * ±	----- * ±

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (19)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Barrancabermeja 5.5 % de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-06-18

Tipo de recipiente: _____ Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		5	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2335.6	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8695.0	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.4	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.359 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP / D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (19) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_P25-1_2_3_4_5_6_7. Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.0 % Asfalto Fecha de Ensayo: 2013-07-08

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.0 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		22.8	22.8	22.8
Estabilidad medida (kg)		1048	955	800
Altura de la briqueta (mm)		66.0	69.6	70.1
Factor de correlación		0.943	0.866	0.856
Estabilidad corregida	(lbf)	2179	1823	1510
	(kgf)	988	827	685
	(N)	9695	8113	6718
Flujo	(0.01")	11	13	14
	(mm)	2.79	3.30	3.56

Estabilidad Promedio (lbf) 1837 ± * 597 — Flujo Promedio (0.01") 12.7 ± 1.4*

(kgf) 833 ± * 271 — (mm) 3.22 ± 0.34*

(N) 8175 ± *2657

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		4	---	---
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.0 % Asfalto	---	---
Temperatura Ambiente ºC		22.8	---	---
Estabilidad medida (kg)		784	---	---
Altura de la briqueta (mm)		72.4	---	---
Factor de correlación		0.819	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	1416	---	---
	(kgf)	642	---	---
	(N)	6299	---	---
Flujo	(0.01")	13	---	---
	(mm)	3.30	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) 1416 ± * 460 — Flujo Promedio (0.01") 13.0 ± 1.4*

(kg) 642 ± * 209 — (mm) 3.30 ± 0.35*

(N) 6299 ± * 2047

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (19) | **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_P25-1_2_3_4_5_6_7. | Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.5 % Asfalto | Fecha de Ensayo: 2013-07-08

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.5 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		22.8	22.8	22.8
Estabilidad medida (kg)		1398	1360	1626
Altura de la briqueta (mm)		68.0	67.5	67.1
Factor de correlación		0.898	0.910	0.920
Estabilidad corregida	(lbf)	2768	2728	3298
	(kgf)	1255	1238	1496
	(N)	12316	12141	14675
Flujo	(0.01")	13	15	13
	(mm)	3.30	3.81	3.30

Estabilidad Promedio (lbf) 2931 ± * 953

(kgf) 1330 ± * 432

(N) 13044 ± *4239

Flujo Promedio (0.01") 13.7 ± 1.5*

(mm) 3.47 ± 0.37*

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		4	---	---
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.5 % Asfalto	---	---
Temperatura Ambiente ºC		22.8	---	---
Estabilidad medida (kg)		1628	---	---
Altura de la briqueta (mm)		66.2	---	---
Factor de correlación		0.939	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	3370	---	---
	(kgf)	1529	---	---
	(N)	14996	---	---
Flujo	(0.01")	12	---	---
	(mm)	3.05	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) 3370 ± * 1095

(kg) 1529 ± * 497

(N) 14996 ± * 4874

Flujo Promedio (0.01") 12.0 ± 1.3*

(mm) 3.05 ± 0.33*

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (19) | **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_P25-1_2_3_4_5_6_7. | Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.0 % Asfalto | Fecha de Ensayo: 2013-07-08

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.0 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		22.8	22.8	22.8
Estabilidad medida (kg)		1408	1257	1100
Altura de la briqueta (mm)		64.5	66.4	64.6
Factor de correlación		0.898	0.910	0.920
Estabilidad corregida	(lbf)	2787	2522	2231
	(kgf)	1264	1144	1012
	(N)	12404	11221	9928
Flujo	(0.01")	14	13	17
	(mm)	3.56	3.30	4.32

Estabilidad Promedio (lbf) 2513 ± * 817 — Flujo Promedio (0.01") 14.7 ± 1.6*

(kgf) 1140 ± * 371 — (mm) 3.73 ± 0.40*

(N) 11184 ± *3635

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		4	---	---
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.0 % Asfalto	---	---
Temperatura Ambiente ºC		22.8	---	---
Estabilidad medida (kg)		1238	---	---
Altura de la briqueta (mm)		65.2	---	---
Factor de correlación		0.939	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	2563	---	---
	(kgf)	1162	---	---
	(N)	11404	---	---
Flujo	(0.01")	14	---	---
	(mm)	3.56	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) 2563 ± * 833 — Flujo Promedio (0.01") 14.0 ± 1.5*

(kg) 1162 ± * 378 — (mm) 3.56 ± 0.38*

(N) 11404 ± * 3706

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 | INFORME DE ENSAYO | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (19) | **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_P25-1_2_3_4_5_6_7. | Fecha Recepción: 2013-04-11

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.5 % Asfalto | Fecha de Ensayo: 2013-07-08

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.5 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		22.8	22.8	22.8
Estabilidad medida (kg)		1174	1207	1109
Altura de la briqueta (mm)		66.0	65.6	64.7
Factor de correlación		0.943	0.951	0.970
Estabilidad corregida	(lbf)	2441	2531	2372
	(kgf)	1107	1148	1076
	(N)	10860	11260	10553
Flujo	(0.01")	17	15	17
	(mm)	4.32	3.81	4.32

Estabilidad Promedio (lbf) 2448 ± * 795 | Flujo Promedio (0.01") 16.3 ± 1.7*

(kgf) 1110 ± * 361 | (mm) 4.15 ± 0.44*

(N) 10891 ± *3540

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		4	---	---
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.5 % Asfalto	---	---
Temperatura Ambiente ºC		22.8	---	---
Estabilidad medida (kg)		1105	---	---
Altura de la briqueta (mm)		67.5	---	---
Factor de correlación		0.910	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	2217	---	---
	(kgf)	1006	---	---
	(N)	9864	---	---
Flujo	(0.01")	17	---	---
	(mm)	4.32	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) 2217 ± * 720 | Flujo Promedio (0.01") 17.0 ± 1.8*

(kg) 1006 ± * 327 | (mm) 4.32 ± 0.46*

(N) 9864 ± * 3206

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (19) | **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_P25-1_2_3_4_5_6_7. | Fecha Recepción: 2013-06-03

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 6.0 % Asfalto | Fecha de Ensayo: 2013-07-08

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 6.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 6.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 6.0 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		22.8	22.8	22.8
Estabilidad medida (kg)		1071	1101	996
Altura de la briqueta (mm)		65.8	65.3	67.9
Factor de correlación		0.947	0.956	0.900
Estabilidad corregida	(lbf)	2236	2320	1976
	(kgf)	1014	1053	896
	(N)	9950	10326	8794
Flujo	(0.01")	19	20	19
	(mm)	4.83	5.08	4.83

Estabilidad Promedio (lbf) 2178 ± * 708 — Flujo Promedio (0.01") 19.3 ± 2.1*

(kgf) 988 ± * 321 — (mm) 4.91 ± 0.52*

(N) 9690 ± *3149

OBSERVACIONES: ---

Probeta No		4	---	---
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 6.0 % Asfalto	---	---
Temperatura Ambiente ºC		22.8	---	---
Estabilidad medida (kg)		1083	---	---
Altura de la briqueta (mm)		64.3	---	---
Factor de correlación		0.980	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	2340	---	---
	(kgf)	1061	---	---
	(N)	10412	---	---
Flujo	(0.01")	18	---	---
	(mm)	4.57	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) 2340 ± * 760 — Flujo Promedio (0.01") 18.0 ± 1.9*

(kg) 1061 ± * 345 — (mm) 4.57 ± 0.49*

(N) 10412 ± * 3384

OBSERVACIONES: ---

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF3-03

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO ELÁSTICO - CURVA MAESTRA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-03

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 749-07

Suplemento al informe LAB_P024 (24)_13(1) de fecha 29 de Julio de 2013

CODIGO ORDEN: P024-13(24) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024 -1_2_3_4_5_6_7. **Fecha Recepción:** 2013-07-28

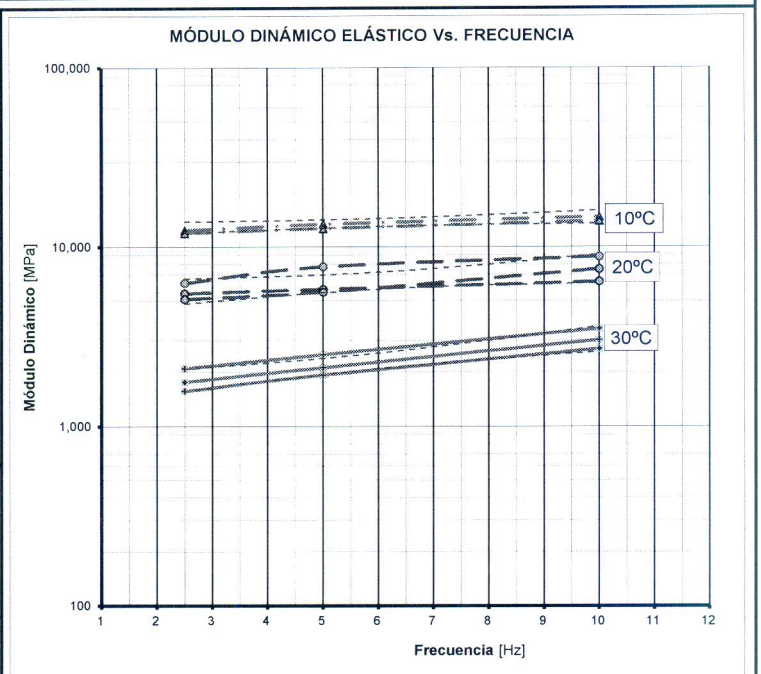
Descripción: Briquetas tipo Marshall MG-20, con ligante asfaltico Barrancabermeja 60-70 (STOA). **Fecha de Ensayo:** 2013-11-20

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar) y ligante asfaltico Barrancabermeja 60-70.

Ts = 10 °C

T [°C]	Referencia	f [Hz]	X	Módulo Dinámico [MPa]
10	P024-1_1-1.	2.50	0.92	13903.50
		5.00	1.61	14870.00
		10.00	2.30	15309.50
	P024-1_1-2.	2.50	0.92	12419.50
		5.00	1.61	13457.00
		10.00	2.30	14731.50
	P024-1_1-3	2.50	0.92	11980.50
		5.00	1.61	12692.00
		10.00	2.30	13948.00
20	P024-1_2-1.	2.50	-2.12	6287.00
		5.00	-1.43	7738.50
		10.00	-0.73	8797.00
	P024-1_2-2.	2.50	-2.12	5496.00
		5.00	-1.43	5796.00
		10.00	-0.73	6389.00
	P024-1_2-3	2.50	-2.12	5111.00
		5.00	-1.43	5596.50
		10.00	-0.73	7508.50
30	P024-1_3-1.	2.50	-4.96	2098.00
		5.00	-4.26	2505.00
		10.00	-3.57	3489.00
	P024-1_3-2.	2.50	-4.96	1767.00
		5.00	-4.26	2122.50
		10.00	-3.57	3020.50
	P024-1_3-3	2.50	-4.96	1572.00
		5.00	-4.26	1929.50
		10.00	-3.57	2694.50

ISOTERMAS

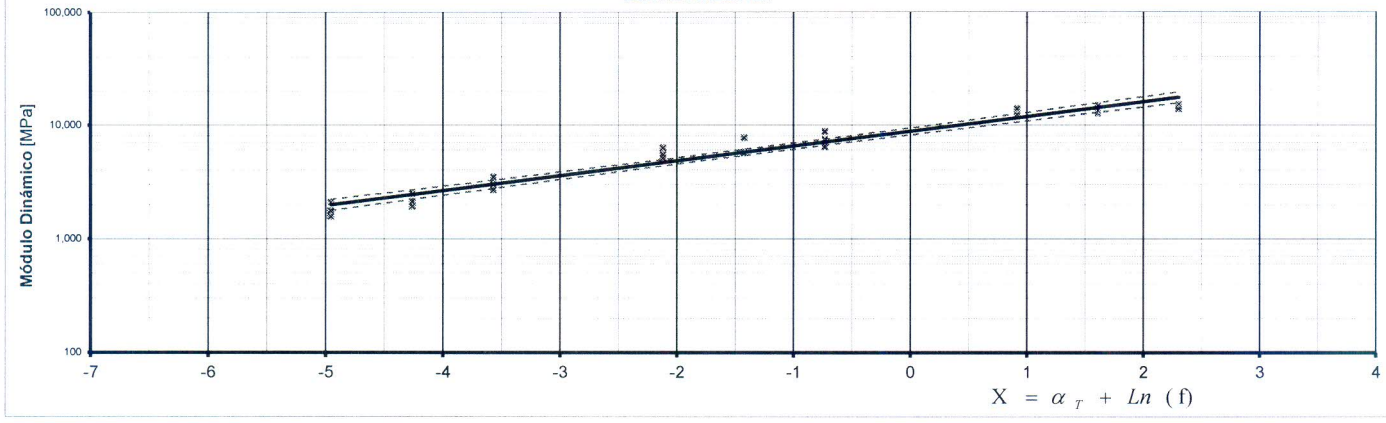


$$X = \alpha_T + Ln(f)$$

$$\alpha_T = 2{,}52 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)$$

X = Parámetro de reducción de la Curva Maestra.
α_T = factor de modificación en función de la temperatura.
f = frecuencia de la prueba en Hz.
T= Temperatura absoluta de la prueba (T=T°C+273,15).
Ts= Temperatura absoluta de referencia (Ts=Ts°C+273,15).

CURVA MAESTRA



OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

Bogotá, 26 de septiembre de 2013

LAB_P024(24)_13 (3) SUPLEMENTO

Señores
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
Departamento de Ingeniería Civil
Atn: Ing. Freddy Alberto Reyes Lizcano
Ext. 5270
Bogotá

Referencia: **REMISIÓN DEL SUPLEMENTO AL INFORME LAB_P024 (24)_13 (3) DE FECHA 25 DE SEPTIEMBRE DE 2013.**

Apreciados Señores:

A continuación se presenta el SUPLEMENTO AL INFORME LAB_P024 (24)_13 (3) DE FECHA 25 DE SEPTIEMBRE DE 2013, correspondiente a los ensayos de Resistencia a la fatiga – Esfuerzo controlado, de acuerdo a la solicitud realizada por ustedes de repetir puntos a 200 y 300 kpa.

Para la realización de los ensayos se utilizó la metodología indicada en las normas relacionadas en los formatos de informe de resultados, EN 12697-24-E:2000. Las muestras sujetas a ensayo fueron entregadas por el solicitante y por lo tanto los resultados solo afectan los objetos sometidos al ensayo.

Le informamos que en caso de haber muestras sobrantes estas se conservarán por un período de un mes.

El presente informe no deberá reproducirse parcial o completamente sin la aprobación por escrito de los Laboratorios de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. (Literal K del artículo 12, Anexo 3 de la resolución 140 del 4 de febrero de 1994 de la Superintendencia de Industria y Comercio del ministerio de Desarrollo).

Quedo atento a cualquier inquietud que estimen conveniente.



DANIEL MAURICIO RUIZ VALENCIA
Jefe de Laboratorio

Anexo: Resistencia a la fatiga – Esfuerzo controlado (2 páginas).

Calle 40 No. 5-50 Facultad de Ingeniería - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá , D.C.
Telfax. (57-1) 3208320 Ext. 5373 5399 5269 5268

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04 | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

Suplemento al informe LAB_P024 (24)_13(3) de fecha 25 de Septiembre de 2013

CODIGO ORDEN: P024-13 (24) | **PROYECTO: IDU 038**

Referencia: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7.

Descripción: Briquetas Tipo Marshall MG-20, Mezcla asfaltica 60 -70 (STOA). Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico

Muestra: Barancabermeja.

Fecha Recepción: 2013-07-19

Fecha de Ensayo: 2013-11-22

MUESTRA	TEMP. [°C]	FREC. [Hz]	σ_{max} [kPa]	ε_o ; N 100 [$\mu\varepsilon$]	S_{me} [MPa]	Ciclos de falla N_f	OBSERVACIONES
1_6	20	2.5	400	377	2,178	8,376	
1_9	20	2.5	400	279	2,942	9,632	
1_10	20	2.5	400	317	2,585	14,794	
1_2	20	2.5	300	259	2,373	46,050	
1_8	20	2.5	200	158	2,599	204,650	
1_1	20	2.5	200	159	2,581	109,506	
1_7	20	2.5	100	89	2,312	117,500	

$$\varepsilon_{x,max} = \frac{\sigma_{x,max} \cdot (1+3 \cdot \nu)}{S_{me}} \cdot 1.000$$

$\varepsilon_{x,max}$: Deformación inicial horizontal máxima de tensión en el centro de la muestra

$\sigma_{x,max}$: Esfuerzo máximo de tensión aplicado en el centro de la muestra

S_{me} : Módulo Dinámico Elástico bajo un esfuerzo controlado de

ν : Relación de Poisson's asumida como 0,35

Nota 1: ***si R^2 <0,90*** se debe ensayar una nueva muestra y agregarla al rango de datos, si después de agregar 10 datos nuevos ***R^2 < 0,90***, se debe reportar un informe con el significado estadístico de los datos.

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/2

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

INFORME DE ENSAYO

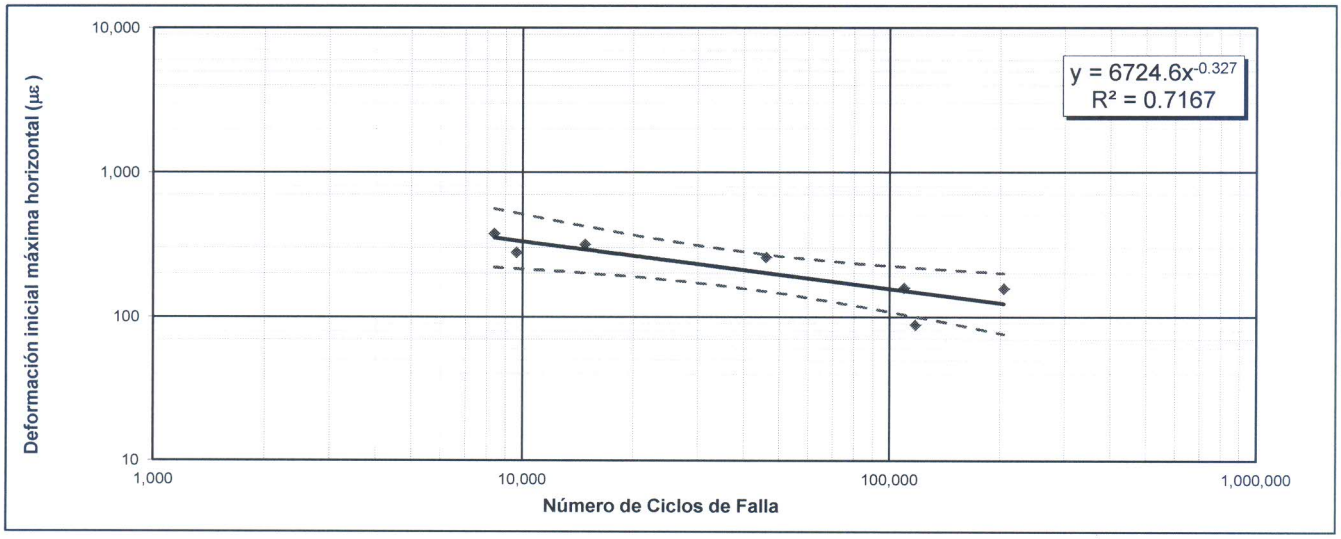
INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

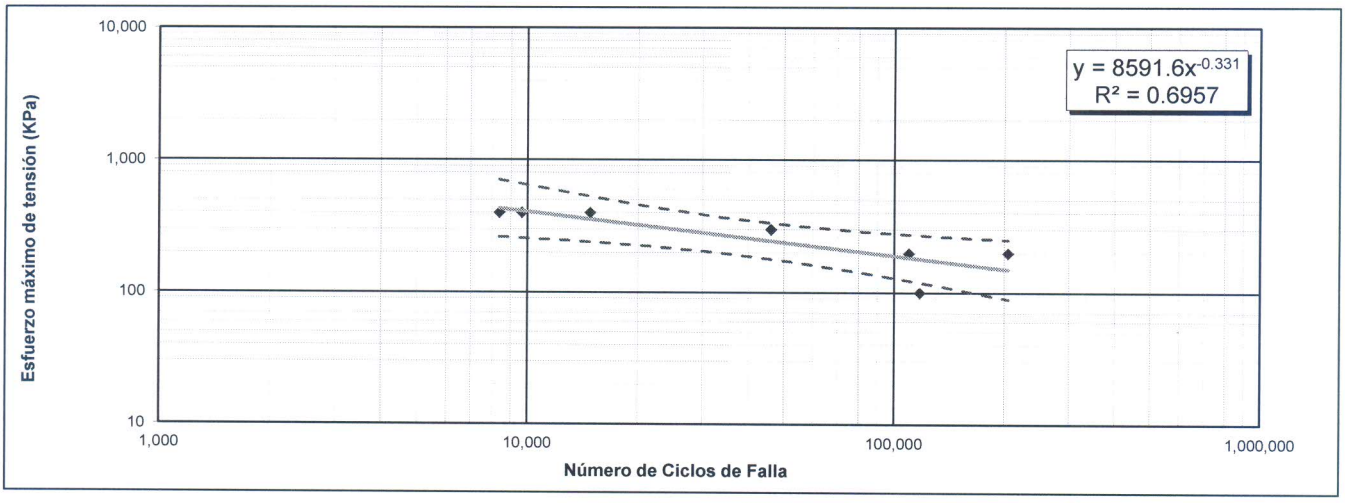
Suplemento al informe LAB_P024 (24)_13(3) de fecha 25 de Septiembre de 2013

CODIGO ORDEN: P024-13 (24) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024 y 025_1_2_3_4_5_6_7.
Descripción: Briquetas Tipo Marshall MG-20, Mezcla asfaltica 60 -70 (STOA).
Localización: ----
Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barancabermeja.

Fecha Recepción: 2013-07-19
Fecha de Ensayo: 2013-11-22





OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 (24)-13 PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MG 20 Asfalto 60-70 (STOA).

Fecha de recepción: 2013-07-28

Fecha de ensayo: 2013-08-13

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	8	4	7
Altura del espécimen (mm)	69.5	69.1	70.3
Diametro del espécimen (mm)	100.2	100.1	100.1
Vacios (%)	7.0	6.4	6.4
Promedio Vacios (%)		6.6	
Lectura de carga (kg)	724	774	736
Carga Máxima (N)	7102.4	7592.9	7220.2
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	649.3	699.1	653.3

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **667.2**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	6	3	5
Altura del espécimen (mm)	70.1	69.5	69.1
Diametro del espécimen (mm)	100.0	100.2	100.1
Vacios (%)	7.1	6.9	6.3
Promedio Vacios (%)		6.8	
Lectura de carga (kg)	620	661	653
Carga Máxima (N)	6082.2	6484.4	6405.9
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	552.5	593.2	589.6

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **578.4**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)=** **86.7**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 (24)-13 PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MG 20 Asfalto 60-70 (STOA).

Fecha de recepción: 2013-07-28

Fecha de ensayo: 2013-08-13

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	6	3	5
Peso del espécimen seco al aire (g)	1191.9	1190.7	1190.6
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1217.2	1216.8	1216.1
Volumen de agua absorbida (cm^3)	25.3	26.1	25.5
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	535.9	534.3	531.1
Volumen de vacios (cm^3)	38.0	36.9	33.5
Saturación (%)	66.5	70.8	76.2
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)	**71.2**		
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1223.7	1222.3	1219.2
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	31.8	31.6	28.6
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	83.6	85.7	85.5
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)	**84.9**		

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/6

DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024 (24)-13 PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Barrancabermeja

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MG 20 Asfalto 60-70 (STOA).

Fecha de recepción: 2013-07-28

Fecha de ensayo: 2013-08-13

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	6	3	5
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	677.9	676.6	679.0
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	539.3	540.2	537.1
Hinchamiento (%)	0.6	1.1	1.1
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**1.0**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	684.5	684.8	685.3
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	539.2	537.5	533.9
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	0.6	0.6	0.5
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**0.6**		

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 (24)-13	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-07-28
Descripción:	Briquetas tipo Marshall.	Fecha de ensayo:	2013-08-10

Tipo de Mezcla: MD-12 asfalto 60 -70 Barrancabermeja (STOA). Método Utilizado: A

Briqueta No			3	4	5	----	----
Temperatura del agua		°C	25	25	25.1	----	----
Temperatura ambiente		°C	25	25	25	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1190.7	1190.8	1190.6	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1200.1	1200.6	1198.1	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	665.8	668.8	667	----	----
Constante de corrección k			1.000000	1.000000	1.000000	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.229 ± 0.018*	2.239 ± 0.018*	2.242 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2221.8 ± 18.6*	2232.5 ± 18.7*	2235.0 ± 18.7*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	1.759 ± 0.777*	1.843 ± 0.814*	1.412 ± 0.624*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: MD-12 asfalto 60 -70 Barrancabermeja (STOA). Método Utilizado: A

Briqueta No			6	7	8	----	----
Temperatura del agua		°C	25.1	25.1	25.1	----	----
Temperatura ambiente		°C	25.0	25.0	25.0	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1191.9	1191.4	1188.3	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1202.9	1201.6	1202	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	667.0	669.4	668.2	----	----
Constante de corrección k			1.000000	1.000000	1.000000	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.224 ± 0.018*	2.239 ± 0.018*	2.226 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2217.4 ± 18.6*	2231.9 ± 18.7*	2219.4 ± 18.6*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	2.053 ± 0.907*	1.917 ± 0.847*	2.567 ± 1.134*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (24)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-1_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70	Fecha de recepción:	2013-07-28
Descripción:	Barrancabermeja.	Fecha de ensayo:	2013-08-12

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2384.9	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8737.3	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.393 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

5/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-02

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 (24)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 1_2_3_4_5_6_7.	Fecha de ensayo:	2013-08-12
Descripción:	Briquetas Tipo marshall	Fecha de recepción:	2013-07-28

Referencia	3	4	5
Gravedad específica bulk	2.229	2.239	2.242
Gravedad específica máxima teórica	2.393	2.393	2.393
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6.9%	6.4%	6.3%

OBSERVACIONES: _____

Referencia	6	7	8
Gravedad específica bulk	2.224	2.239	2.226
Gravedad específica máxima teórica	2.393	2.393	2.393
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7.1%	6.4%	7.0%

OBSERVACIONES: _____

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

6/6

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF3-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5255

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE LA PISTA DE ENSAYO DE LABORATORIO

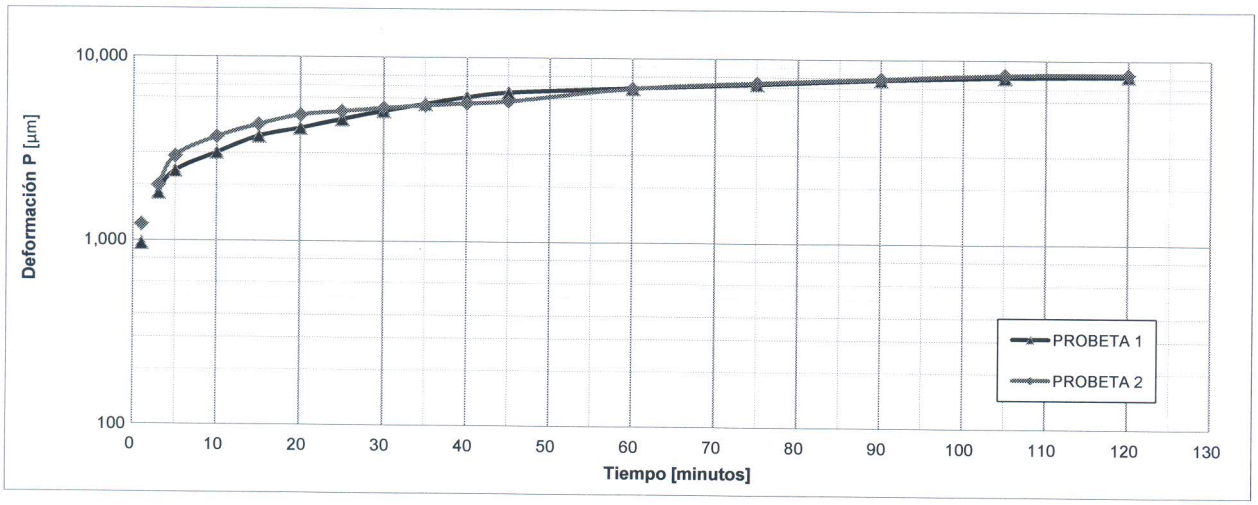
PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INVE 756-07

CODIGO ORDEN:	**P024-13(24)**	**PROYECTO:**	**IDU 038**
Referencia:	P024-P025-1	**Fecha Recepción:**	2013-07-19
Muestra:	Mezcla asfáltica MG-20 Asfálto Barrancabermeja 60-70 (STOA)	**Fecha de Ensayo:**	2013-09-16
Descripción:	Panela de asfálto.		

I. DATOS DE ENSAYO

Temperatura de ensayo:	(°C)	60
Presión de contacto	(kN/m^2)	900

II. RESULTADOS - GRAFICA DEFORMACIÓN VS TIEMPO



II. RESULTADOS

		Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Deformación total al final del ensayo	(µm)	8256.7	8426.7	---
Velocidad en el intervalo 30 a 45 minutos, V30/45	(µm)/ min	92	34	---
Velocidad en el intervalo de 75 a 90 minutos, V75/90	(µm)/ min	29	31	---
Velocidad en el intervalo de 105 a 120 minutos, V105/120	(µm)/ min	10	6	---

OBSERVACIONES

JEISSON DUBIER HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/3

ANEXO K. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MG20 con asfalto Apiay 60-70

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MG20 con asfalto Apiay 60-70 listados a continuación:

- Diseño de mezcla asfáltica.
- Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de las mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la fatiga a esfuerzo controlado a la mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la deformación plástica de la mezcla asfáltica mediante la pista de ensayo de laboratorio sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÌA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5255

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF 2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-98

CÓDIGO ORDEN: P024 -13 (20) **PROYECTO:** IDU 038

REFERENCIA: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7.

LOCALIZACIÓN: ---

DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MG 20, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Apiay.

MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay.

FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-04-11

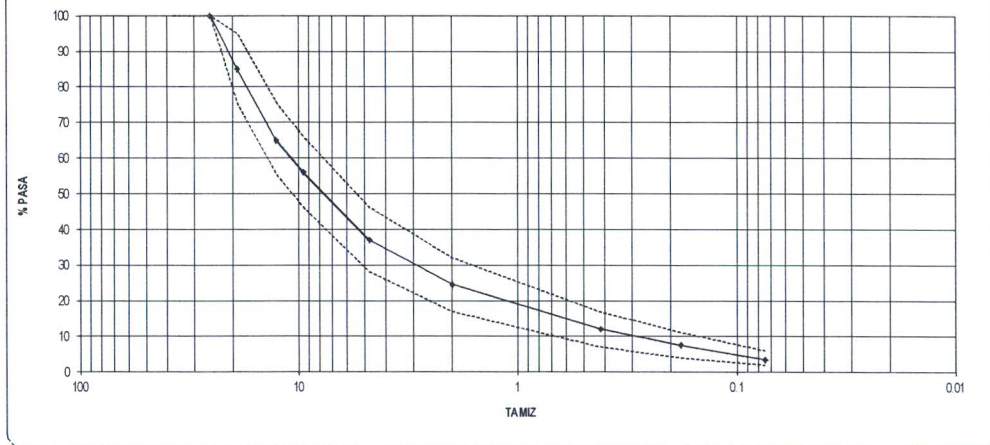
FECHA DE ENSAYO: 2013-06-18

I. GRADACIÓN COMBINADA PARA LA MEZCLA

Tamaño Tamiz pg / mm	Tamaño Tamiz - % Pasa 1½" 37.5	1" 25.4	3/4" 19.1	1/2" 12.7	3/8" 9.53	4 4.76	10 2	40 0.42	80 0.18	200 0.075	% Óptimo de c/material
COMBINADO	100	100.0	85.0	65.0	56.0	37.0	24.5	12.0	7.5	3.5	100.0
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--
MEZCLA	**100**	**100**	**85**	**65**	**56**	**37**	**25**	**12**	**8**	**4**	

ESPECIFICACION	100	100	75	55	46	28	17	7	4	2
MS-25	100	100	95	75	66	46	32	17	11	6
Tamiz mm	37.5	25.4	19	12.5	9.5	4.75	2	0.425	0.18	0.075

GRÁFICA DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO



II. DISEÑO DE LA MEZCLA

CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO : 4.7 %

TEMPERATURA DE MEZCLA : 150 °C

TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN: 140 °C

III. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

CARACTERISTICA	UND	DISEÑO	ESPECIFICACION
DENSIDAD BULK	kg/m^3	2.286	---
ESTABILIDAD	kg	1660	900 min
VACIOS CON AIRE	%	5.3	4-6
VACIOS LLENOS DE ASFALTO	%	65.0	65-75
FLUJO	mm	3.5	2-3.5
VACIOS EN AGREG. MINERAL	min	15.15	≥ 14

IV. OBSERVACIONES

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5373 Fax: Ext 5373

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CÓDIGO ORDEN: P024 -13 (20) **PROYECTO:** IDU 038

REFERENCIA: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7. **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2013-04-11

LOCALIZACIÓN: --- **FECHA DE ENSAYO:** 2013-06-18

DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MG 20, método Marshall con ligante asfáltico 60 - 70 Apiay.

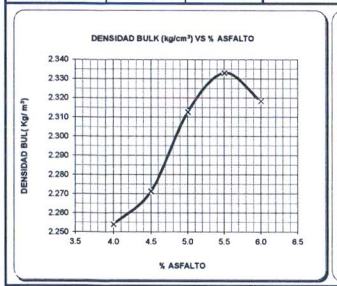
MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay.

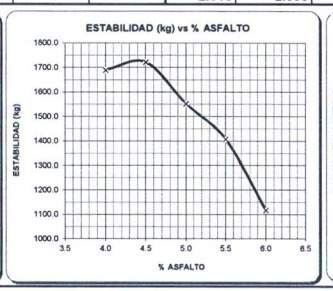
Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural(Rio Coello):	Muestras 2-4-5-6 (gruesos)	Gs	2.574
Arena de peña (Ingescol Soacha):	024-025-7	Gs	2.509
Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar).	024 - 025-3	Gs	2.560
Ligante asfáltico Apiay	024-025-10	Gs	---

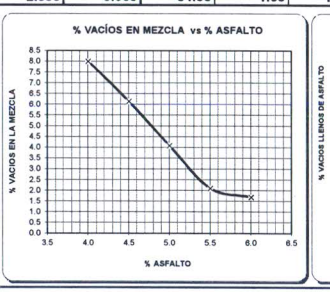
Gs ASFALTO : 1.021

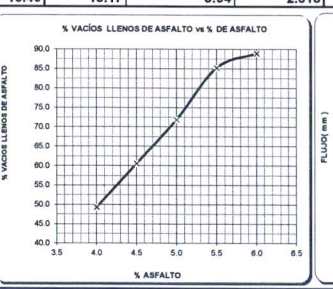
Gs AGREGADOS PARA DISEÑO : 2.569

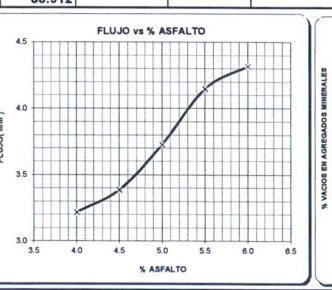
MEZCLA No.	% DE ASFALTO	% ASFALTO DISEÑO	PESO EN GRAMOS			PESO ESPECIFICO			ASFALTO ABSORBIDO %	VOLUMEN - % TOTAL			VACÍOS EN AGREGADOS MINERALES	% DE ASFALTO EFECTIVO	PESO UNITARIO g/cm³	% DE VACÍOS LLENOS DE ASFALTO						
			SECA EN AIRE	S.S.S EN AIRE	EN AGUA	BULK	MÁXIMO TEÓRICO	MÁXIMO MEDIDO		AGREGADOS	VACÍOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO					CARGA (kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	ESTABILIDAD (kg)	FLUJO mm	RELACION ESTABILIDAD FLUJO
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	L	m	n	o	p					r	s	kg/mm
						$\frac{d}{e-f}$			$\frac{(i-h)\,10}{h\,(100-b)}$	$\frac{(100-b)\,g}{G\,agr}$	$\left(1-\frac{g}{f}\right)*100$	100 - K - L	100 - K	$b-\frac{J\,(100-b)}{100}$		(m / n)*100						
1	4.0	4.0	1185.3	1203.8	668.0	2.214											1873	0.947	1774		3.30	537.5
2	4.0	4.0	1182.0	1192.2	669.5	2.263											1872	0.893	1672		3.30	506.6
3	4.0	4.0	1184.3	1196.2	677.6	2.285											1816	0.893	1622		3.05	531.7
PROMEDIO						**2.254**	**2.422**	**2.450**	**0.492**	**84.23**	**8.00**	**7.77**	**15.77**	**3.53**	**2.254**	**49.274**				**1,689**	**3.22**	**525.3**
1	4.5	4.5	1192.6	1198.0	682.0	2.313											1908	0.873	1666		3.30	504.8
2	4.5	4.5	1180.2	1193.9	669.0	2.250											1888	0.925	1746		3.30	529.2
3	4.5	4.5	1185.0	1196.6	669.7	2.251											1846	0.949	1752		3.56	492.1
PROMEDIO						**2.271**	**2.405**	**2.420**	**0.274**	**84.43**	**6.14**	**9.42**	**15.57**	**4.24**	**2.271**	**60.533**				**1,721**	**3.39**	**508.7**
1	5.0	5.0	1188.3	1190.9	677.3	2.315											1565	0.965	1510		3.56	424.2
2	5.0	5.0	1182.5	1186.5	676.1	2.318											1569	0.975	1530		3.56	429.7
3	5.0	5.0	1180.5	1183.6	671.0	2.305											1657	0.975	1616		4.06	397.9
PROMEDIO						**2.313**	**2.388**	**2.411**	**0.424**	**85.52**	**4.08**	**10.40**	**14.48**	**4.60**	**2.313**	**71.832**				**1,552**	**3.73**	**417.3**
1	5.5	5.5	1178.2	1180.6	674.7	2.331											1492	0.975	1455		4.57	318.3
2	5.5	5.5	1183.7	1185.5	682.2	2.354											1439	1.000	1439		3.81	377.7
3	5.5	5.5	1185.2	1188.4	675.8	2.314											1384	0.960	1329		4.06	327.3
PROMEDIO	**5.5**					**2.333**	**2.371**	**2.383**	**0.223**	**85.82**	**2.10**	**12.08**	**14.18**	**5.29**	**2.333**	**85.204**				**1,407**	**4.15**	**341.1**
1	6.0	6.0	1187.0	1189.9	678.0	2.321											1210	0.970	1174		4.06	289.1
2	6.0	6.0	1169.8	1172.6	665.9	2.310											1091	0.960	1047		4.57	229.2
3	6.0	6.0	1182.4	1184.4	675.2	2.324											1153	0.978	1128		4.32	261.0
PROMEDIO	**6.0**					**2.318**	**2.355**	**2.358**	**0.065**	**84.83**	**1.68**	**13.49**	**15.17**	**5.94**	**2.318**	**88.912**				**1,116**	**4.32**	**259.8**

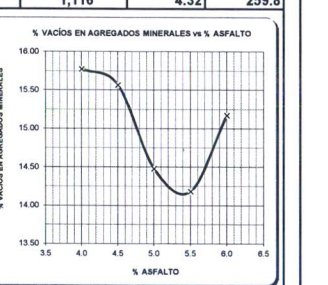












OBSERVACIONES

JESSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

G1/2

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (20)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay.	Fecha de ensayo:	2013-06-17

Tipo de Mezcla: MG-20 - 4.0% Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No		1	2	3	---	---
Temperatura del agua	°C	23	22.5	22.5	---	---
Temperatura ambiente	°C	23	22.6	22.6	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A) g	1185.3	1182	1184.3	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	1203.8	1192.2	1196.2	---	---
Peso del especimen en Agua	(C) g	668.0	669.5	677.6	---	---
Constante de corrección k		1.000728	1.000728	1.000728		
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		2.214 ± 0.018 *	2.263 ± 0.018 *	2.285 ± 0.019 *	± *	± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	2207.2 ± 18.5 *	2256.2 ± 18.9 *	2278.5 ± 19.1 *	± *	± *
Agua absorbida por volumen	%	3.453 ± 0.763 *	1.951 ± 0.431 *	2.295 ± 0.507 *	± *	± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No		---	---	---	---	---
Temperatura del agua	°C	---	---	---	---	---
Temperatura ambiente	°C	---	---	---	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A) g	---	---	---	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B) g	---	---	---	---	---
Peso del especimen en Agua	(C) g	---	---	---	---	---
Constante de corrección k						
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$		± *	± *	± *	± *	± *
Densidad $_{25ºC}$	kg/m^3	± *	± *	± *	± *	± *
Agua absorbida por volumen	%	± *	± *	± *	± *	± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/ D R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (20)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay.	Fecha de ensayo:	2013-06-17

Tipo de Mezcla: MG-20 - 4.5% Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No			1	2	3	----	---
Temperatura del agua		°C	23	22.5	22.5	----	---
Temperatura ambiente		°C	23	22.6	22.6	----	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1192.6	1180.2	1185	----	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1198.0	1193.9	1196.6	----	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	682.0	669	669.7	----	---
Constante de corrección k			1.000728	1.000728	1.000728	----	
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.313 ± 0.019 *	2.250 ± 0.018 *	2.251 ± 0.018 *	---- ± *	± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2306.0 ± 19.3 *	2243.3 ± 18.8 *	2243.9 ± 18.8 *	---- ± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	1.047 ± 0.231 *	2.610 ± 0.577 *	2.202 ± 0.486 *	---- ± *	± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			---	---	---	---	---
Temperatura del agua		°C	---	---	---	---	---
Temperatura ambiente		°C	---	---	---	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	---	---	---	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	---	---	---	---	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	---	---	---	---	---
Constante de corrección k							
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			± *	± *	± *	± *	± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	± *	± *	± *	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	± *	± *	± *	± *	± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (20)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay.	Fecha de ensayo:	2013-06-17

Tipo de Mezcla: MG-20 - 5.0% Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

Briqueta No			1	2	3	---	---
Temperatura del agua		°C	23	22.5	22.5	---	---
Temperatura ambiente		°C	23	22.6	22.6	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1188.3	1182.5	1180.5	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1190.9	1186.5	1183.6	---	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	677.3	676.1	671	---	---
Constante de corrección k			1.000728	1.000728	1.000728		
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.315 ± 0.019 *	2.318 ± 0.019 *	2.305 ± 0.019 *	± *	± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2308.4 ± 19.3 *	2311.5 ± 19.4 *	2297.7 ± 19.2 *	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	0.506 ± 0.112 *	0.784 ± 0.173 *	0.605 ± 0.134 *	± *	± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			---	---	---	---	---
Temperatura del agua		°C	---	---	---	---	---
Temperatura ambiente		°C	---	---	---	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	---	---	---	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	---	---	---	---	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	---	---	---	---	---
Constante de corrección k							
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			± *	± *	± *	± *	± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	± *	± *	± *	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	± *	± *	± *	± *	± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (20)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay.	Fecha de ensayo:	2013-06-17

Tipo de Mezcla: MG-20 - 5.5% Asfalto 60-70. Método Utilizado: A

			1	2	3	---	---
Briqueta No							
Temperatura del agua		°C	23	22.5	22.5	---	---
Temperatura ambiente		°C	23	22.6	22.6	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1178.2	1183.7	1185.2	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1180.6	1185.5	1188.4	---	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	674.7	682.2	675.8	---	---
Constante de corrección k			1.000728	1.000728	1.000728		
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.331 ± 0.019 *	2.354 ± 0.019 *	2.314 ± 0.019 *	± *	± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2323.6 ± 19.5 *	2346.5 ± 19.7 *	2306.9 ± 19.3 *	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	0.474 ± 0.105 *	0.358 ± 0.079 *	0.624 ± 0.138 *	± *	± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			---	---	---	---	---
Temperatura del agua		°C	---	---	---	---	---
Temperatura ambiente		°C	---	---	---	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	---	---	---	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	---	---	---	---	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	---	---	---	---	---
Constante de corrección k							
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			± *	± *	± *	± *	± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	± *	± *	± *	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	± *	± *	± *	± *	± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN: P024-13 (20) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7. Fecha recepción: 2013-04-11

Descripción: Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay. Fecha de ensayo: 2013-06-17

Tipo de Mezcla MG-20 - 6.0% Asfalto 60-70. Método Utilizado A

Briqueta No			1	2	3	---	---
Temperatura del agua		°C	23	22.5	22.5	---	---
Temperatura ambiente		°C	23	22.6	22.6	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1187.0	1169.8	1182.4	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1189.9	1172.6	1184.4	---	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	678.0	665.9	675.2	---	---
Constante de corrección k			1.000728	1.000728	1.000728		
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$			2.321 ± 0.019 *	2.310 ± 0.019 *	2.324 ± 0.019 *	± *	± *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	2313.5 ± 19.4 *	2303.4 ± 19.3 *	2316.8 ± 19.4 *	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	0.567 ± 0.125 *	0.553 ± 0.122 *	0.393 ± 0.087 *	± *	± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla ---- Método Utilizado ---

Briqueta No			---	---	---	---	---
Temperatura del agua		°C	---	---	---	---	---
Temperatura ambiente		°C	---	---	---	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	---	---	---	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	---	---	---	---	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	---	---	---	---	---
Constante de corrección k							
Gravedad especifica bulk $_{25°C}$			± *	± *	± *	± *	± *
Densidad $_{25°C}$		kg/m^3	± *	± *	± *	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	± *	± *	± *	± *	± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (20)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay 4,0% de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-06-18

Tipo de recipiente: Taza de vacío Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2377.4	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8756.2	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.2	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.450 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

8/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (20)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Apiay 4,5% de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-06-18

Tipo de recipiente: Taza de vacío Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		2	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2370.8	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8740.3	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.2	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.420 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

9/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (20)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay 5.0% de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-06-18

Tipo de recipiente: Taza de vacío Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		3	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2366.6	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8734.4	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.3	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.411 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (20)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay 5.5% de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-06-18

Tipo de recipiente: Taza de vacío Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		4	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2374.5	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8727.0	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.383 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

11/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (20)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-04-11
Descripción:	Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70 Apiay 6.0% de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-06-18

Tipo de recipiente: Taza de vacío Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		5	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2494.3	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8785.5	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.358 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP / D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (20) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7. Fecha Recepción: 2013-06-03

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.0 % Asfalto Fecha de Ensayo: 2013-04-11

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.0 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		23.1	23.1	23.1
Estabilidad medida (kg)		1873	1872	1816
Altura de la briqueta (mm)		65.8	68.2	68.2
Factor de correlación		0.947	0.893	0.893
Estabilidad corregida	(lbf)	3910	3685	3575
	(kgf)	1774	1672	1622
	(N)	17400	16399	15909
Flujo	(0.01")	13	13	12
	(mm)	3.30	3.30	3.05

Estabilidad Promedio (lbf) 3724 ± *1210 (kgf) 1689 ± * 549 (N) 16569 ± *5385

Flujo Promedio (0.01") 12.7 ± 1.* (mm) 3.22 ± 0.3*

OBSERVACIONES: ---

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) --- ± * (kg) --- ± * (N) --- ± *

Flujo Promedio (0.01") --- ± * (mm) --- ± *

OBSERVACIONES: ---

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (20)	**PROYECTO:** IDU 038
Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7.	Fecha Recepción: 2013-06-03
Descripción: Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.5 % Asfalto	Fecha de Ensayo: 2013-04-11

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 4.5 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		23.1	23.1	23.1
Estabilidad medida (kg)		1908	1888	1846
Altura de la briqueta (mm)		69.2	66.9	65.7
Factor de correlación		0.873	0.925	0.949
Estabilidad corregida	(lbf)	3672	3850	3862
	(kgf)	1666	1746	1752
	(N)	16340	17132	17186
Flujo	(0.01")	13	13	14
	(mm)	3.30	3.30	3.56

Estabilidad Promedio (lbf) 3795 ± *1233
(kgf) 1721 ± * 559
(N) 16886 ± *5488

Flujo Promedio (0.01") 13.3 ± 1.4*
(mm) 3.39 ± 0.36*

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) --- ± *
(kg) --- ± *
(N) --- ± *

Flujo Promedio (0.01") --- ± *
(mm) --- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (20) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7. Fecha Recepción: 2013-06-03

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.0 % Asfalto Fecha de Ensayo: 2013-04-11

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.0 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		23.1	23.1	23.1
Estabilidad medida (kg)		1565	1569	1657
Altura de la briqueta (mm)		64.9	64.5	64.9
Factor de correlación		0.965	0.975	0.975
Estabilidad corregida	(lbf)	3329	3373	3562
	(kgf)	1510	1530	1616
	(N)	14815	15007	15849
Flujo	(0.01")	14	14	16
	(mm)	3.56	3.56	4.06

Estabilidad Promedio (lbf) 3421 ± *1112 Flujo Promedio (0.01") 14.7 ± *1.6

(kgf) 1552 ± * 504 (mm) 3.73 ± *0.40

(N) 15224 ± *4948

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) --- ± * Flujo Promedio (0.01") --- ± *

(kg) --- ± * (mm) --- ± *

(N) --- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (20) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7. Fecha Recepción: 2013-06-03

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.5 % Asfalto Fecha de Ensayo: 2013-04-11

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 5.5 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		23.1	23.1	23.1
Estabilidad medida (kg)		1492	1439	1384
Altura de la briqueta (mm)		64.5	63.5	65.1
Factor de correlación		0.975	1.000	0.960
Estabilidad corregida	(lbf)	3207	3172	2929
	(kgf)	1455	1439	1329
	(N)	14271	14117	13034
Flujo	(0.01")	18	15	16
	(mm)	4.57	3.81	4.06

Estabilidad Promedio (lbf) 3103 ± *1008 (kgf) 1407 ± * 457 (N) 13807 ± *4487

Flujo Promedio (0.01") 16.3 ± 1.7* (mm) 4.15 ± 0.44*

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) --- ± * (kg) --- ± * (N) --- ± *

Flujo Promedio (0.01") --- ± * (mm) --- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

16/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024-13 (20) | **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_P25-10_2_3_4_5_6_7. | Fecha Recepción: 2013-06-03

Descripción: Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 6.0 % Asfalto | Fecha de Ensayo: 2013-04-11

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 6.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 6.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall. MG-20 - 6.0 % Asfalto
Temperatura Ambiente ºC		23.1	23.1	23.1
Estabilidad medida (kg)		1210	1091	1153
Altura de la briqueta (mm)		64.7	65.1	64.4
Factor de correlación		0.970	0.960	0.978
Estabilidad corregida	(lbf)	2588	2309	2486
	(kgf)	1174	1047	1128
	(N)	11514	10275	11062
Flujo	(0.01")	16	18	17
	(mm)	4.06	4.57	4.32

Estabilidad Promedio (lbf) 2461 ± * 800 — Flujo Promedio (0.01") 17.0 ± * 1.8

(kgf) 1116 ± * 363 — (mm) 4.32 ± * 0.46

(N) 10950 ± *3559

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) --- ± * — Flujo Promedio (0.01") --- ± *

(kg) --- ± * — (mm) --- ± *

(N) --- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF3-03

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO ELÁSTICO - CURVA MAESTRA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-03

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 749-07

CODIGO ORDEN: P024-13(25)

PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024-P025-10

Descripción: Briquetas Tipo Marshall.

Muestra: MG-20 con asfáltoApiay 60-70 (STOA)

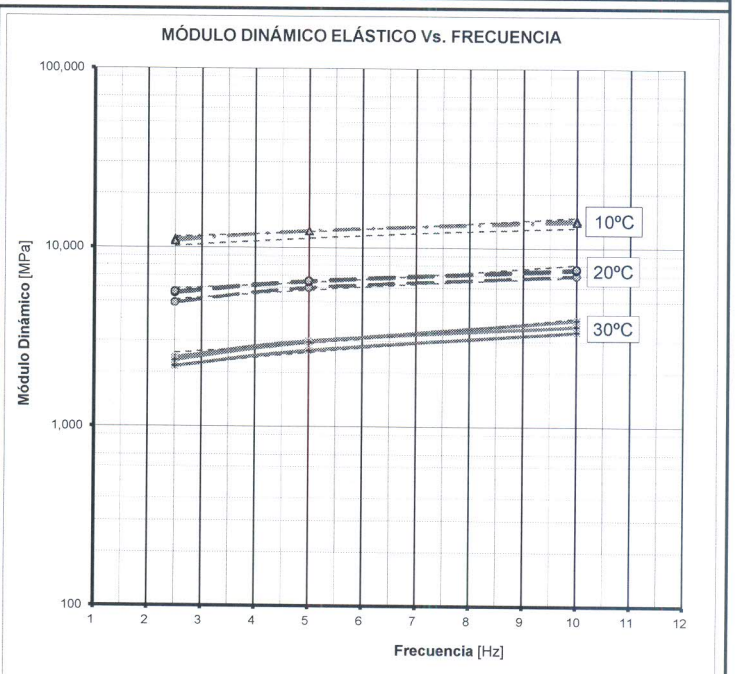
Fecha Recepción: 2013-07-19

Fecha de Ensayo: 2013-07-22

Ts = 10 °C

T [°C]	Referencia	f [Hz]	X	Módulo Dinámico [MPa]
10	P024 y P025-10-1	2.50	0.92	10020.50
		5.00	1.61	11381.00
		10.00	2.30	13049.50
	P024 y P025-10-2	2.50	0.92	11111.50
		5.00	1.61	12428.00
		10.00	2.30	14363.50
	P024 y P025-10-3	2.50	0.92	10898.00
		5.00	1.61	12403.00
		10.00	2.30	14008.50
20	P024 y P025-10-4	2.50	-2.12	4935.50
		5.00	-1.43	5979.00
		10.00	-0.73	7007.00
	P024 y P025-10-5	2.50	-2.12	5566.00
		5.00	-1.43	6449.00
		10.00	-0.73	7525.00
	P024 y P025-10-6	2.50	-2.12	5653.50
		5.00	-1.43	6525.00
		10.00	-0.73	7641.00
30	P024 y P025-10-7	2.50	-4.96	2164.50
		5.00	-4.26	2662.50
		10.00	-3.57	3386.00
	P024 y P025-10-8	2.50	-4.96	2421.50
		5.00	-4.26	3007.00
		10.00	-3.57	3652.00
	P024 y P025-10-9	2.50	-4.96	2347.00
		5.00	-4.26	2961.50
		10.00	-3.57	3956.50

ISOTERMAS



$$X = \alpha_T + Ln\ (f)$$

$$\alpha_T = 2{,}52 \cdot 10^{4} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)$$

X = Parámetro de reducción de la Curva Maestra.
α_T = factor de modificación en función de la temperatura.
f = frecuencia de la prueba en Hz.
T= Temperatura absoluta de la prueba (T=T°C+273,15).
Ts= Temperatura absoluta de referencia (Ts=Ts°C+273,15).

CURVA MAESTRA



OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

CODIGO ORDEN: P024-13 (25) **PROYECTO:** **IDU 038**

Referencia: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7.
Descripción: Briquetas Tipo Marshall. MG-20 asfalto_10_(STOA). Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico
Muestra: Apiay 60-70.

Fecha Recepción: 2013-04-11
Fecha de Ensayo: 2013-07-18

MUESTRA	TEMP. [°C]	FREC. [Hz]	σ_{max} [kPa]	ε_o ; N 100 [$\mu\varepsilon$]	S_{me} [MPa]	Ciclos de falla N_f	OBSERVACIONES
1_1	20	2.5	500	479	2,140	1,026	
1_7	20	2.5	450	400	2,306	2,551	
1_6	20	2.5	400	277	2,960	11,505	
1_8	20	2.5	350	236	3,044	7,544	
1_2	20	2.5	300	240	2,564	30,085	
1_3	20	2.5	250	142	3,604	84,518	
1_4	20	2.5	200	163	2,521	100,591	
1_9	20	2.5	150	110	2,801	465,507	
1_5	20	2.5	100	57	3,627	1,040,061	

$$\varepsilon_{x,max} = \frac{\sigma_{x,max} \cdot (1+3 \cdot \nu)}{S_{me}} \cdot 1.000$$

$\varepsilon_{x,max}$: Deformación inicial horizontal máxima de tensión en el centro de la muestra
$\sigma_{x,max}$: Esfuerzo máximo de tensión aplicado en el centro de la muestra
S_{me} : Módulo Dinámico Elástico bajo un esfuerzo controlado de
ν : Relación de Poisson's asumida como 0,35

Nota 1: ***si R^2 <0,90*** se debe ensayar una nueva muestra y agregarla al rango de datos, si después de agregar 10 datos nuevos ***R^2 < 0,90***, se debe reportar un informe con el significado estadístico de los datos.

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

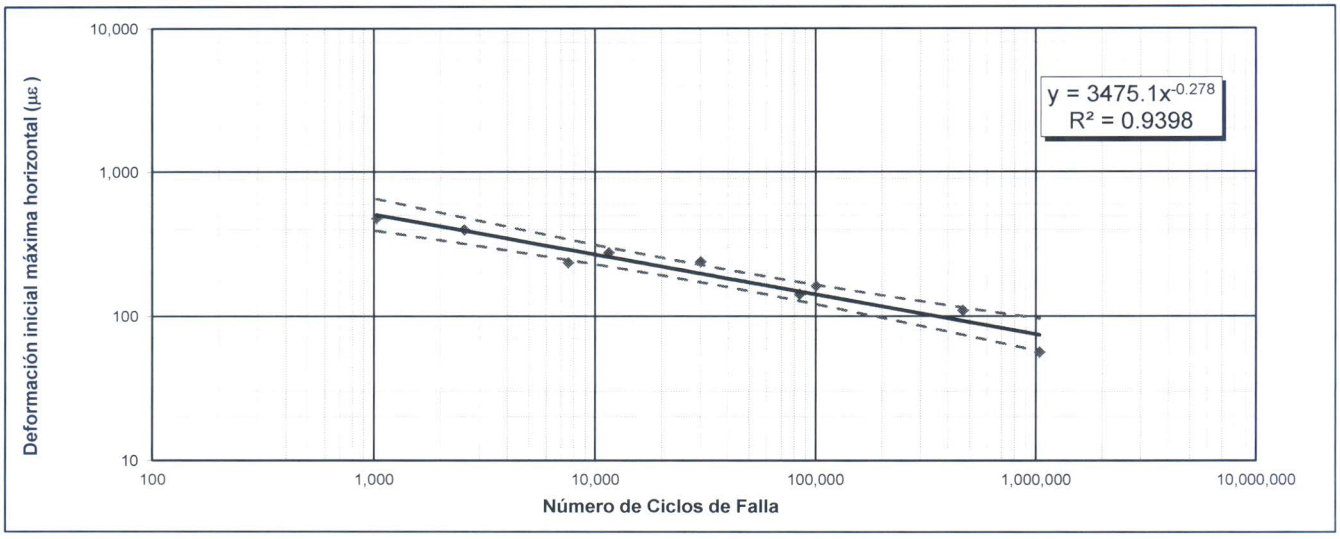
INFORME DE ENSAYO

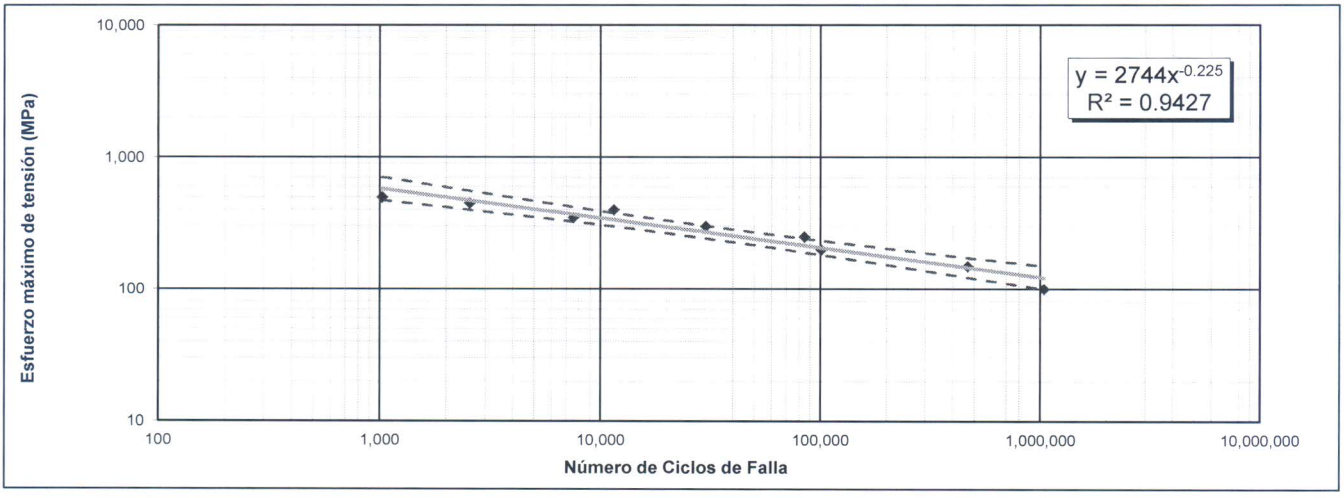
INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04 | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

CODIGO ORDEN: P024-13 (25) | **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: 024 y 025_10_2_3_4_5_6_7.
Descripción: Briquetas Tipo Marshall. MG-20 asfalto_10_(STOA).
Localización: ----
Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay 60-70.

Fecha Recepción: 2013-04-11
Fecha de Ensayo: 2013-07-18





OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 (25)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay	Fecha de recepción:	2013-07-19
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MG 20 Asfalto 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-08-13

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	9	3	6
Altura del espécimen (mm)	70.1	70.7	70.6
Diametro del espécimen (mm)	100.2	100.2	100.0
Vacios (%)	7.1	7.2	7.3
Promedio Vacios (%)		7.2	
Lectura de carga (kg)	875	883	828
Carga Máxima (N)	8583.8	8662.2	8122.7
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	778.7	778.9	731.8

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **763.1**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	7	5	8
Altura del espécimen (mm)	70.2	69.8	71.0
Diametro del espécimen (mm)	100.1	100.1	100.1
Vacios (%)	7.1	6.5	7.6
Promedio Vacios (%)		7.1	
Lectura de carga (kg)	804	783	802
Carga Máxima (N)	7887.2	7681.2	7867.6
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	714.8	699.6	704.3

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **706.2**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)=** **92.5**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 (25)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay	Fecha de recepción:	2013-07-19
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MG 20 Asfalto 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-08-13

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	7	5	8
Peso del espécimen seco al aire (g)	1184.3	1192.6	1194.6
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1212.8	1218.5	1221.8
Volumen de agua absorbida (cm^3)	28.5	25.9	27.2
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	537.5	534.2	542.0
Volumen de vacios (cm^3)	38.2	34.7	41.2
Saturación (%)	74.7	74.6	66.0
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)	**71.8**		
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1217.4	1224.6	1230.5
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	33.1	32.0	35.9
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	86.7	92.2	87.2
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)	**88.7**		

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024 (25)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico Apiay	Fecha de recepción:	2013-07-19
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MG 20 Asfalto 60-70 (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-08-13

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	7	5	8
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	669.4	682.1	676.4
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	543.4	536.4	545.4
Hinchamiento (%)	1.1	0.4	0.6
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**0.7**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	677.9	689.1	685.4
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	539.5	535.5	545.1
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	0.4	0.2	0.6
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**0.4**		

OBSERVACIONES: _____

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN: P024 (25)-13 **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7. Fecha recepción: 2013-07-19

Descripción: Briquetas tipo Marshall. Fecha de ensayo: 2013-08-09

Tipo de Mezcla MG-20 asfalto 60 -70 Apiay (STOA). Método Utilizado A

Briqueta No			3	5	6	----	----
Temperatura del agua		°C	25	25	25.1	----	----
Temperatura ambiente		°C	25	25	25	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1194.0	1192.6	1192.4	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1209.9	1209.5	1210.9	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	670.9	675.3	672	----	----
Constante de corrección k			1.000	1.000	1.000	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.215 ± 0.018*	2.232 ± 0.018*	2.213 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2208.6 ± 18.5*	2225.8 ± 18.6*	2206.0 ± 18.5*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	2.950 ± 1.304*	3.164 ± 1.398*	3.433 ± 1.517*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla MG-20 asfalto 60 -70 Apiay (STOA). Método Utilizado A

Briqueta No			7	8	9	----	----
Temperatura del agua		°C	25.1	25.1	25.1	----	----
Temperatura ambiente		°C	25.0	25.0	25.0	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1184.3	1194.6	1179.5	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1197.7	1209.4	1195.9	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	663.2	667.4	663.9	----	----
Constante de corrección k			1.000	1.000	1.000	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.216 ± 0.018*	2.204 ± 0.018*	2.217 ± 0.018*	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2209.1 ± 18.5*	2197.4 ± 18.4*	2210.5 ± 18.5*	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	2.507 ± 1.108*	2.731 ± 1.207*	3.083 ± 1.362*	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ:CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024-13 (25)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	024 Y 025-10_2_3_4_5_6_7. Mezcla asfaltica MG 20 con ligante asfáltico 60 -70	Fecha de recepción:	2013-07-19
Descripción:	Apiay (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-08-12

Tipo de recipiente: Taza de vacio Tipo de procedimiento: Pesada en aire

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2379.9	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8767.6	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7384.9	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.386 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF2-02

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 (25)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 Y P025 - 10_2_3_4_5_6_7.	Fecha de ensayo:	2013-08-14
Descripción:	Briquetas Tipo marshall	Fecha de recepción:	2013-07-19

Referencia	3	5	6
Gravedad específica bulk	2.215	2.232	2.213
Gravedad específica máxima teórica	2.386	2.386	2.386
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7.2%	6.5%	7.3%

OBSERVACIONES: _____

Referencia	7	8	9
Gravedad específica bulk	2.216	2.204	2.217
Gravedad específica máxima teórica	2.386	2.386	2.386
Porcentaje de Vacios de aire (%)	7.1%	7.6%	7.1%

OBSERVACIONES: _____

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JESSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF3-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5255

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE LA PISTA DE ENSAYO DE LABORATORIO

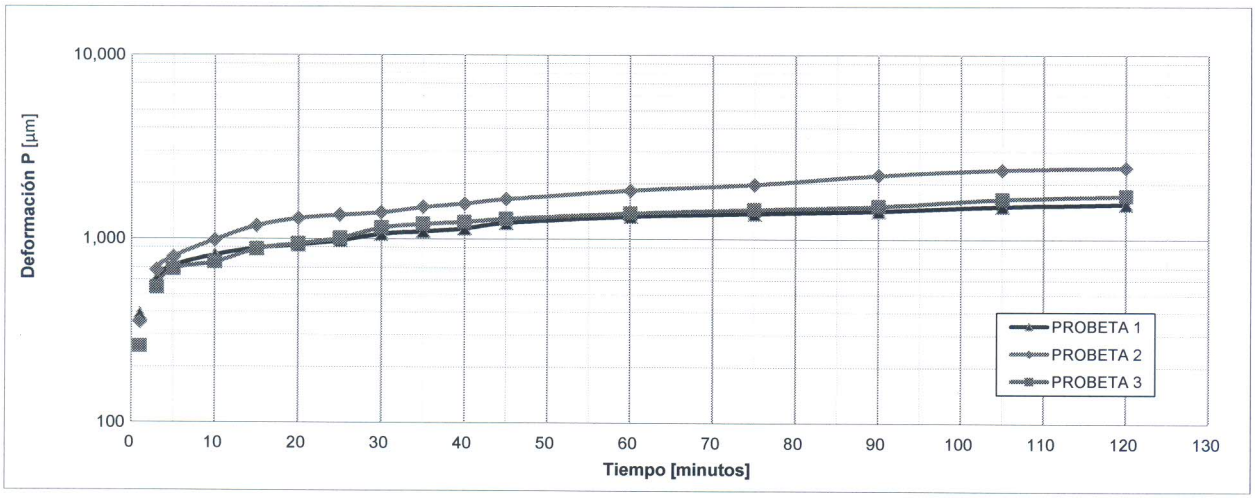
PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INVE 756-07

CODIGO ORDEN:	**P024-13(25)**	**PROYECTO:**	**IDU 038**
Referencia:	P024-P025-10	**Fecha Recepción:**	2013-07-19
Muestra:	Mezcla asfáltica MG-20 Asfálto Apiay 60-70 (STOA).	**Fecha de Ensayo:**	2013-09-18
Descripción:	Panela de asfálto.		

I. DATOS DE ENSAYO

Temperatura de ensayo:	(°C)	60
Presión de contacto	(kN/m^2)	900

II. RESULTADOS - GRAFICA DEFORMACIÓN VS TIEMPO



II. RESULTADOS

		Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Deformación total al final del ensayo	(µm)	1556.7	2456.7	1723.3
Velocidad en el intervalo 30 a 45 minutos, V30/45	(µm)/ min	11	17	14
Velocidad en el intervalo de 75 a 90 minutos, V75/90	(µm)/ min	3	16	4
Velocidad en el intervalo de 105 a 120 minutos, V105/120	(µm)/ min	3	4	5

OBSERVACIONES

JEISSON DUBIER HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R.
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

ANEXO L. Caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MAM20 con asfalto modificado tipo V

En este Anexo se encuentran los resultados de los ensayos de caracterización dinámica de la mezcla asfáltica MAM20 con asfalto modificado tipo V listados a continuación:

- Diseño de mezcla asfáltica.
- Ensayo de tensión indirecta para determinar el módulo resiliente de las mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la fatiga a esfuerzo controlado a la mezcla asfáltica sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia de una mezcla bituminosa compactada al daño causado por humedad sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).
- Ensayo de resistencia a la deformación plástica de la mezcla asfáltica mediante la pista de ensayo de laboratorio sometida a un envejecimiento a corto plazo (STOA).

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5268/69 Fax: Ext 5255

FORMATO AF2-08

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF 2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-98

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13(30) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

REFERENCIA: 024 y 025_14_2_3_4_5_6_7.

LOCALIZACIÓN: ---

DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MAM-20, método Marshall con ligante asfáltico modificado tipo V.

MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico modificado tipo V.

FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-08-23

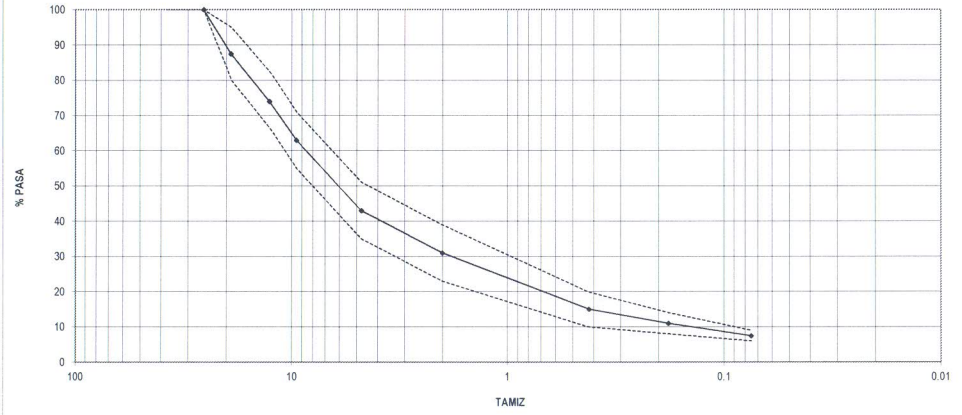
FECHA DE ENSAYO: 2013-09-22

I. GRADACIÓN COMBINADA PARA LA MEZCLA

Tamaño Tamiz pg	Tamaño Tamiz - % Pasa										% Óptimo de c/material
	1½"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	80	200	
mm	37.5	25.4	19.1	12.7	9.53	4.76	2	0.42	0.18	0.075	
COMBINADO	100	100.0	87.5	74.0	63.0	43.0	31.0	15.0	11.0	7.5	**100.0**
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--
MEZCLA	**100**	**100**	**88**	**74**	**63**	**43**	**31**	**15**	**11**	**8**	

ESPECIFICACION	100	100	80	66	55	35	23	10	8	6
MAM-20	100	100	95	82	71	51	39	20	14	9
Tamiz mm	37.5	25.4	19	12.5	9.5	4.75	2	0.425	0.18	0.075

GRÁFICA DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO



II. DISEÑO DE LA MEZCLA

CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO : 4.7 %

TEMPERATURA DE MEZCLA : 176 °C

TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN: 163 °C

III. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

CARACTERISTICA	UND	DISEÑO	ESPECIFICACION
DENSIDAD BULK	kg/m^3	2.313	---
ESTABILIDAD	kg	2300	1500 mín
VACIOS CON AIRE	%	5	4-6
VACIOS LLENOS DE ASFALTO	%	66	63-75
FLUJO	mm	3.6	2-3.0
VACIOS EN AGREG. MINERAL	min	14.25	≥ 14

IV. OBSERVACIONES

Deacuerdo a conversaciones con el cliente y por solicitud del mismo se informa que por la condicion del flujo de la mezcla asfáltica esta por fuera de la especificación de referencia IDU No 510-7.
La temperatura de mezcla y compactación fueron aprovadas poe el cliente.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J.Bogotá
Tel.: (57-1) 3208320 Ext 5373 Fax: Ext 5373

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS - METODO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CÓDIGO ORDEN: P024 Y P025-13(30) **PROYECTO:** IDU 038 Y 039

REFERENCIA: 024 y 025_14_2_3_4_5_6_7. **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2013-08-23

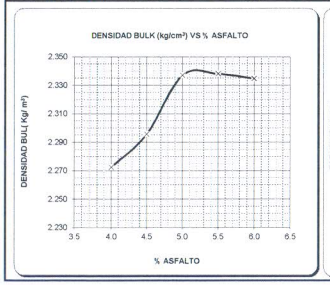
LOCALIZACIÓN: --- **FECHA DE ENSAYO:** 2013-09-22

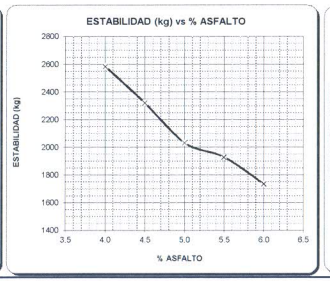
DESCRIPCIÓN: Diseño de mezcla asfáltica MAM-20, método Marshall con ligante asfáltico modificado tipo V.

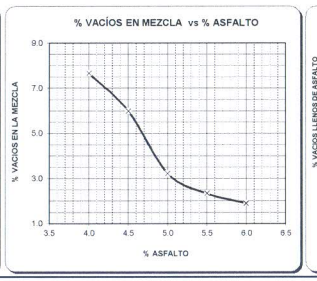
MUESTRA: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico modificado tipo V.

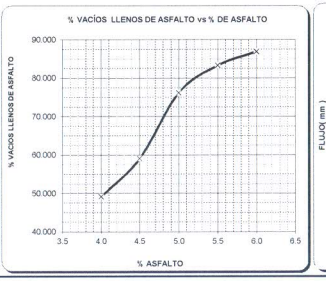
Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural(Rio Coello):	Muestras 2-4-5-6 (gruesos)	Gs	2.574
Arena de peña (Ingescol Soacha):	024-025-7	Gs	2.509
Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar).	024 - 025-3	Gs	2.560
Ligante asfáltico modificado tipo V	024-025-14	Gs	---
		Gs ASFALTO :	1.003
		Gs AGREGADOS PARA DISEÑO :	2.569

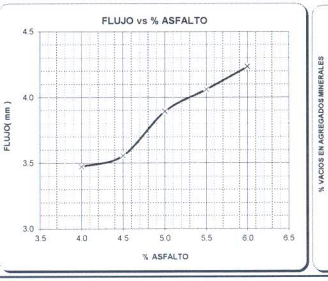
MEZCLA No.	% DE ASFALTO	% ASFALTO DISEÑO	PESO EN GRAMOS			PESO ESPECIFICO			ASFALTO ABSORBIDO %	VOLUMEN - % TOTAL			VACÍOS EN AGREGADOS MINERALES	% DE ASFALTO EFECTIVO	PESO UNITARIO g/cm³	% DE VACÍOS LLENOS DE ASFALTO	CARGA (kg)	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	ESTABILIDAD (kg)	FLUJO mm	RELACION ESTABILIDAD FLUJO kg/mm
			SECA EN AIRE	S.S.S EN AIRE O PARAFINADO*	EN AGUA	BULK	MÁXIMO TEÓRICO	MÁXIMO MEDIDO		AGREGADOS	VACÍOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO										
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	L	m	n	o	p		r				s	
						$\frac{d}{e-f}$			$\frac{(i-h)\,10}{h\,(100-b)}$	$\frac{(100-b)\,g}{G\,agr}$	$\left(1-\frac{g}{i}\right)*100$	100 - K - L	100 - K	$b-\frac{J\,(100-b)}{100}$		$(m/n)*100$							
1	4.0	4.0	1190.0	1201.2	679.3	2.282											2481	0.936	2322		3.56	652.3
2	4.0	4.0	1185.9	1189.5	671.9	2.293											2738	0.970	2656		3.56	746.0
3	4.0	4.0	1175.2	1180.6	656.0	2.242											2807	0.988	2773		3.30	840.4
PROMEDIO	**4.0**	**4.0**				**2.272**	**2.418**	**2.461**	**0.753**	**84.91**	**7.67**	**7.42**	**15.09**	**3.28**	**2.272**	**49.183**				**2,584**	**3.47**	**746.2**
1	4.5	4.5	1183.4	1197.1	683.9	2.308											2333	0.965	2251		3.56	632.3
2	4.5	4.5	1188.0	1194.6	677.0	2.297											2323	0.960	2230		3.81	585.3
3	4.5	4.5	1180.5	1186.3	668.5	2.282											2590	0.958	2481		3.30	751.8
PROMEDIO	**4.5**	**4.5**				**2.296**	**2.400**	**2.442**	**0.744**	**85.34**	**5.99**	**8.67**	**14.66**	**3.79**	**2.296**	**59.127**				**2,321**	**3.56**	**656.5**
1	5.0	5.0	1188.3	1190.9	681.8	2.336											1998	0.973	1944		4.06	478.8
2	5.0	5.0	1190.4	1194.4	681.5	2.323											2031	0.954	1938		3.81	508.5
3	5.0	5.0	1190.7	1194.2	687.5	2.352											2327	0.953	2218		3.81	582.1
PROMEDIO	**5.0**	**5.0**				**2.337**	**2.383**	**2.415**	**0.586**	**86.42**	**3.23**	**10.35**	**13.58**	**4.44**	**2.337**	**76.215**				**2,033**	**3.89**	**523.1**
1	5.5	5.5	1192.0	1193.7	683.0	2.336											1958	0.975	1909		4.06	470.2
2	5.5	5.5	1193.0	1194.0	682.1	2.332											1915	1.021	1955		4.06	481.6
3	5.5	5.5	1191.0	1192.5	684.5	2.346											1963	0.980	1924		4.06	473.8
PROMEDIO	**5.5**	**5.5**				**2.338**	**2.366**	**2.394**	**0.526**	**86.00**	**2.34**	**11.66**	**14.00**	**5.00**	**2.338**	**83.288**				**1,929**	**4.06**	**475.2**
1	6.0	6.0	1178.4	1179.7	675.3	2.338											1695	1.021	1731		4.32	400.6
2	6.0	6.0	1185.7	1187.0	679.8	2.339											1744	1.003	1749		4.32	404.9
3	6.0	6.0	1177.0	1180.2	674.0	2.327											1700	1.016	1727		4.06	425.4
PROMEDIO	**6.0**	**6.0**				**2.335**	**2.349**	**2.380**	**0.591**	**85.43**	**1.90**	**12.67**	**14.57**	**5.44**	**2.335**	**86.931**				**1,736**	**4.23**	**410.3**

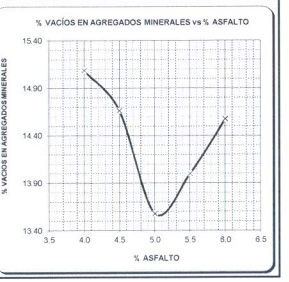












OBSERVACIONES

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: INGENIERO DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 Y P025-13(30)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-08-23
Descripción:	Mezcla asfaltica MAM-20 con ligante asfáltico modificado tipo V.	Fecha de ensayo:	2013-08-28

Tipo de Mezcla: MAM-20 - 4.0% ligante asfáltico modificado. Método Utilizado: A

Briqueta No			1	2	3	----	----
Temperatura del agua		°C	22	21.6	21.6	----	----
Temperatura ambiente		°C	22	21.5	21.5	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1190.0	1185.9	1175.2	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1201.2	1189.5	1180.6	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	679.3	671.9	656	----	----
Constante de corrección k			1.000950	1.000950	1.000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.282 ± 0.018 *	2.293 ± 0.019 *	2.242 ± 0.018 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2275.0 ± 19.1 *	2286.0 ± 19.1 *	2235.1 ± 18.7 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	2.146 ± 0.948 *	0.696 ± 0.307 *	1.029 ± 0.455 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 Y P025-13(30)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-08-23
Descripción:	Mezcla asfaltica MAM-20 con ligante asfáltico modificado tipo V.	Fecha de ensayo:	2013-09-13

Tipo de Mezcla: MAM-20 - 4.5% ligante asfáltico modificado. Método Utilizado: A

Briqueta No			1	2	3	----	----
Temperatura del agua		°C	22	21.6	21.6	----	----
Temperatura ambiente		°C	22	21.5	21.5	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1183.4	1188	1180.5	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1197.1	1194.6	1186.3	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	683.9	677	668.5	----	----
Constante de corrección k			1.000950	1.000950	1.000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.308 ± 0.019 *	2.297 ± 0.019 *	2.282 ± 0.018 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2300.7 ± 19.3 *	2290.0 ± 19.2 *	2274.7 ± 19.1 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	2.670 ± 1.180 *	1.275 ± 0.563 *	1.120 ± 0.495 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 Y P025-13(30)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-08-23
Descripción:	Mezcla asfaltica MD-12 con ligante asfáltico modificado tipo V.	Fecha de ensayo:	2013-08-28

Tipo de Mezcla: MAM-20 - 5.0 % ligante asfáltico modificado. Método Utilizado: A

Briqueta No			1	2	3	----	----
Temperatura del agua		°C	22	22.2	22.2	----	----
Temperatura ambiente		°C	23	22.6	22.6	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1188.3	1190.4	1190.7	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1190.9	1194.4	1194.2	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	681.8	681.5	687.5	----	----
Constante de corrección k			1.000728	1.000728	1.000728	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.336 ± 0.019 *	2.323 ± 0.019 *	2.352 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2328.8 ± 19.5 *	2315.6 ± 19.4 *	2344.6 ± 19.6 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.511 ± 0.226 *	0.780 ± 0.345 *	0.691 ± 0.305 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/ D. Ruiz
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

5/17

Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 Y P025-13(30)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-08-23
Descripción:	Mezcla asfaltica MAM-20 con ligante asfáltico modificado tipo V.	Fecha de ensayo:	2013-09-13

Tipo de Mezcla: MAM-20 - 5.5 % ligante asfáltico modificado. Método Utilizado: A

Briqueta No			1	2	3	----	----
Temperatura del agua		°C	22	22.2	22.2	----	----
Temperatura ambiente		°C	23	22.6	22.6	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1192.0	1193	1191	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1193.7	1194	1192.5	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	683.0	682.1	684.5	----	----
Constante de corrección k			1.000728	1.000728	1.000728	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.336 ± 0.019 *	2.332 ± 0.019 *	2.346 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2328.7 ± 19.5 *	2325.2 ± 19.5 *	2339.2 ± 19.6 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.333 ± 0.147 *	0.195 ± 0.086 *	0.295 ± 0.130 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

6/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 Y P025-13(30)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-08-23
Descripción:	Mezcla asfaltica MAM-20 con ligante asfáltico modificado tipo V.	Fecha de ensayo:	2013-09-13

Tipo de Mezcla: MAM-20 - 6.0 % ligante asfáltico modificado. Método Utilizado: A

Briqueta No			1	2	3	----	----
Temperatura del agua		°C	22	21.6	21.6	----	----
Temperatura ambiente		°C	22	21.5	21.5	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1178.4	1185.7	1177	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1179.7	1187	1180.2	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	675.3	679.8	674	----	----
Constante de corrección k			1.000950	1.000950	1.000950	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.338 ± 0.019 *	2.339 ± 0.019 *	2.327 ± 0.019 *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2331.0 ± 19.5 *	2332.5 ± 19.5 *	2319.9 ± 19.4 *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	0.258 ± 0.114 *	0.256 ± 0.113 *	0.632 ± 0.279 *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: ---- Método Utilizado: ---

Briqueta No			----	----	----	----	----
Temperatura del agua		°C	----	----	----	----	----
Temperatura ambiente		°C	----	----	----	----	----
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	----	----	----	----	----
Peso del especimen en Agua	(C)	g	----	----	----	----	----
Constante de corrección k			----	----	----	----	----
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *
Agua absorbida por volumen		%	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *	---- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

7/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 y P025-13(30)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-08-23
Descripción:	Mezcla asfaltica MAM-20 con ligante asfáltico modificado tipo V_4,0% de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-09-12

Tipo de recipiente: Tipo de procedimiento:

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2382.4	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8763.2	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.0	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.461 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

8/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 y P025-13(30)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-08-23
Descripción:	Mezcla asfaltica MAM-20 con ligante asfáltico modificado tipo V_4.5% de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-08-28

Tipo de recipiente: Tipo de procedimiento:

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2388.6	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8795.2	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7384.8	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.442 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

9/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 y P025-13(30)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-08-23
Descripción:	Mezcla asfaltica MAM-20 con ligante asfáltico modificado tipo V_5.0 % de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-09-11

Tipo de recipiente: Tipo de procedimiento:

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2379.8	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8779.4	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7384.9	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.415 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

10/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 y P025-13(30)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-08-23
Descripción:	Mezcla asfaltica MAM-20 con ligante asfáltico modificado tipo V_5.5 % de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-08-28

Tipo de recipiente: Tipo de procedimiento:

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2392.2	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8777.7	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7384.8	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.394 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

11/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 y P025-13(30)	**PROYECTO:**	IDU 038 Y 039
Referencia:	024 Y 025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-08-23
Descripción:	Mezcla asfaltica MAM-20 con ligante asfáltico modificado tipo V_6.0 % de asfalto.	Fecha de ensayo:	2013-09-11

Tipo de recipiente: Tipo de procedimiento:

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2380.7	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8729.4	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.380 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES:

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

12/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13(30)	**PROYECTO:** IDU 038 Y 039
Referencia: P024 Y P025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha Recepción: 2013-08-23
Descripción: Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 4.0 % Asfalto	Fecha de Ensayo: 2013-09-16

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),ligante asfáltico modificado tipo V.		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 4.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 4.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 4.0 %
Temperatura Ambiente ºC		23.3	23.3	23.3
Estabilidad medida (kg)		2481	2738	2807
Altura de la briqueta (mm)		66.4	64.7	64.0
Factor de correlación		0.936	0.970	0.988
Estabilidad corregida	(lbf)	5120	5855	6114
	(kgf)	2322	2656	2773
	(N)	22781	26054	27206
Flujo	(0.01")	14	14	13
	(mm)	3.56	3.56	3.30

Estabilidad Promedio (lbf) 5696 ± * 205 — Flujo Promedio (0.01") 13.7 ± * 1.4

(kgf) 2584 ± * 93 — (mm) 3.47 ± * 0.36

(N) 25347 ± * 910

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) --- ± * — Flujo Promedio (0.01") --- ± *

(kg) --- ± * — (mm) -- ± *

(N) --- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

13/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13(30)	**PROYECTO:** IDU 038 Y 039
Referencia: P024 Y P025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha Recepción: 2013-08-23
Descripción: Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 4.5 % Asfalto	Fecha de Ensayo: 2013-09-16

Probeta No		2	3	4
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),ligante asfáltico modificado tipo V.		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 4.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 4.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 4.5 %
Temperatura Ambiente ºC		23.3	23.3	23.3
Estabilidad medida (kg)		2333	2323	2590
Altura de la briqueta (mm)		64.9	65.1	65.2
Factor de correlación		0.965	0.960	0.958
Estabilidad corregida	(lbf)	4963	4916	5470
	(kgf)	2251	2230	2481
	(N)	22086	21877	24341
Flujo	(0.01")	14	15	13
	(mm)	3.56	3.81	3.30

Estabilidad Promedio (lbf) 5117 ± * 184 — Flujo Promedio (0.01") 14.0 ± * 1.5

(kgf) 2321 ± * 83 — (mm) 3.56 ± * 0.37

(N) 22768 ± * 818

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) --- ± * — Flujo Promedio (0.01") --- ± *

(kg) --- ± * — (mm) --- ± *

(N) --- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 | INFORME DE ENSAYO | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13(30)	**PROYECTO:** IDU 038 Y 039

Referencia: P024 Y P025-14_2_3_4_5_6_7. Fecha Recepción: 2013-08-23

Descripción: Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 5.0 % Asfalto Fecha de Ensayo: 2013-09-16

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),ligante asfáltico modificado tipo V.		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 5.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 5.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 5.0 %
Temperatura Ambiente ºC		23.3	23.3	23.3
Estabilidad medida (kg)		1998	2031	2327
Altura de la briqueta (mm)		64.6	65.4	65.5
Factor de correlación		0.973	0.954	0.953
Estabilidad corregida	(lbf)	4286	4272	4889
	(kgf)	1944	1938	2218
	(N)	19071	19008	21755
Flujo	(0.01")	16	15	15
	(mm)	4.06	3.81	3.81

Estabilidad Promedio (lbf) 4482 ± * 161 Flujo Promedio (0.01") 15.3 ± * 1.6

(kgf) 2033 ± * 73 (mm) 3.89 ± * 0.41

(N) 19945 ± * 716

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		----	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± * Flujo Promedio (0.01") ± *

(kg) ± * (mm) ± *

(N) ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

15/17

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-01

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13(30)	**PROYECTO:** IDU 038 Y 039
Referencia: P024 Y P025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha Recepción: 2013-08-23
Descripción: Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 5.5 % Asfalto	Fecha de Ensayo: 2013-09-16

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),ligante asfáltico modificado tipo V.		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 5.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 5.5 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 5.5 %
Temperatura Ambiente ºC		23.3	23.3	23.3
Estabilidad medida (kg)		1958	1915	1963
Altura de la briqueta (mm)		64.5	62.7	64.3
Factor de correlación		0.975	1.021	0.980
Estabilidad corregida	(lbf)	4209	4310	4241
	(kgf)	1909	1955	1924
	(N)	18728	19181	18872
Flujo	(0.01")	16	16	16
	(mm)	4.06	4.06	4.06

Estabilidad Promedio (lbf) 4253 ± *1382 — Flujo Promedio (0.01") 16.0 ± 1.7*
(kgf) 1929 ± * 627 — (mm) 4.06 ± 0.43*
(N) 18927 ± *6151

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± * — Flujo Promedio (0.01") ± *
(kg) ± * — (mm) ± *
(N) ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D. R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

16/17

Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 - 5373 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-01 — INFORME DE ENSAYO — PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 748-07

CODIGO ORDEN: P024 Y P025-13(30)	**PROYECTO:** IDU 038 Y 039
Referencia: P024 Y P025-14_2_3_4_5_6_7.	Fecha Recepción: 2013-08-23
Descripción: Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 6.0 % Asfalto	Fecha de Ensayo: 2013-08-30

Probeta No		1	2	3
Muestra		Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),ligante asfáltico modificado tipo V.		
Localización		---		
Descripción		Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 6.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 6.0 % Asfalto	Briquetas tipo Marshall_MAM-20 - 6.0 %
Temperatura Ambiente ºC		23.3	23.3	23.3
Estabilidad medida (kg)		1695	1744	1700
Altura de la briqueta (mm)		62.7	63.4	62.9
Factor de correlación		1.021	1.003	1.016
Estabilidad corregida	(lbf)	3815	3856	3808
	(kgf)	1731	1749	1727
	(N)	16977	17160	16944
Flujo	(0.01")	17	17	16
	(mm)	4.32	4.32	4.06

Estabilidad Promedio (lbf) 3826 ± *1244 — Flujo Promedio (0.01") 16.7 ± 1.8*

(kgf) 1736 ± * 564 — (mm) 4.23 ± 0.45*

(N) 17027 ± *5534

OBSERVACIONES: _____

Probeta No		---	---	---
Muestra		---		
Localización		---		
Descripción		---	---	---
Temperatura Ambiente ºC		---	---	---
Estabilidad medida (kg)		---	---	---
Altura de la briqueta (mm)		---	---	---
Factor de correlación		---	---	---
Estabilidad corregida	(lbf)	---	---	---
	(kgf)	---	---	---
	(N)	---	---	---
Flujo	(0.01")	---	---	---
	(mm)	---	---	---

Estabilidad Promedio (lbf) ± * — Flujo Promedio (0.01") ± *

(kg) ± * — (mm) ± *

(N) ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ D.R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO ELÁSTICO - CURVA MAESTRA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-03 | PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 749-07

CODIGO ORDEN: P024-13(37) | **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024-P025-14 | **Fecha Recepción:** 2013-10-04

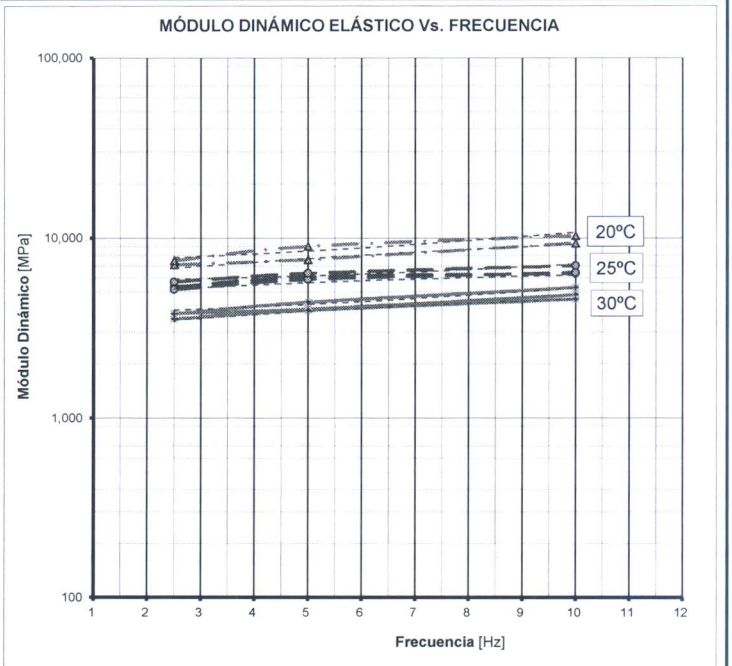
Descripción: Briquetas Tipo Marshall. | **Fecha de Ensayo:** 2013-11-12

Muestra: MAM-20 con asfálto modificado tipo V (STOA).

Ts = 10 °C

T [°C]	Referencia	f [Hz]	X	Módulo Dinámico [MPa]
20	P024 y P025-14-1-1	2.50	-2.12	7154.50
		5.00	-1.43	7866.50
		10.00	-0.73	10207.00
	P024 y P025-14-1-2	2.50	-2.12	7105.00
		5.00	-1.43	7574.00
		10.00	-0.73	9391.50
	P024 y P025-14-1-3	2.50	-2.12	7507.00
		5.00	-1.43	9021.50
		10.00	-0.73	10330.50
25	P024 y P025-14-1-4	2.50	-3.56	5350.50
		5.00	-2.87	6082.00
		10.00	-2.17	6339.50
	P024 y P025-14-1-5	2.50	-3.56	5168.50
		5.00	-2.87	5887.00
		10.00	-2.17	6426.00
	P024 y P025-14-1-6	2.50	-3.56	5716.00
		5.00	-2.87	6371.00
		10.00	-2.17	7021.00
30	P024 y P025-14-1-7	2.50	-4.96	3799.50
		5.00	-4.26	4016.00
		10.00	-3.57	4829.00
	P024 y P025-14-1-8	2.50	-4.96	3542.50
		5.00	-4.26	3959.00
		10.00	-3.57	4559.50
	P024 y P025-14-1-9	2.50	-4.96	3779.50
		5.00	-4.26	4394.50
		10.00	-3.57	5302.00

ISOTERMAS

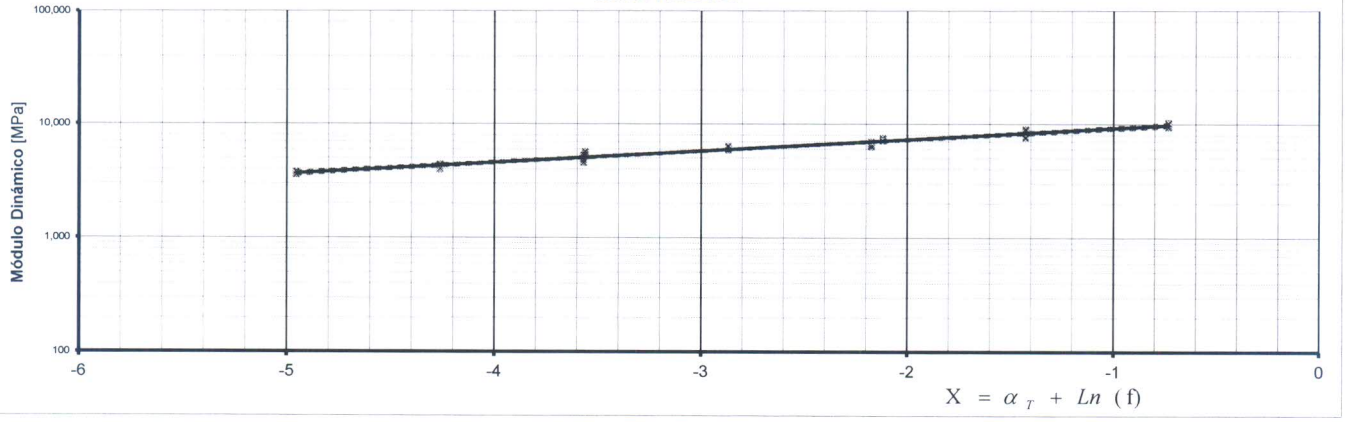


$$X = \alpha_T + Ln(f)$$

$$\alpha_T = 2{,}52 \cdot 10^{4} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right)$$

X = Parámetro de reducción de la Curva Maestra.
α_T = factor de modificación en función de la temperatura.
f = frecuencia de la prueba en Hz.
T= Temperatura absoluta de la prueba (T=T°C+273,15).
Ts= Temperatura absoluta de referencia (Ts=Ts°C+273,15).

CURVA MAESTRA



OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JHISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

pp/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

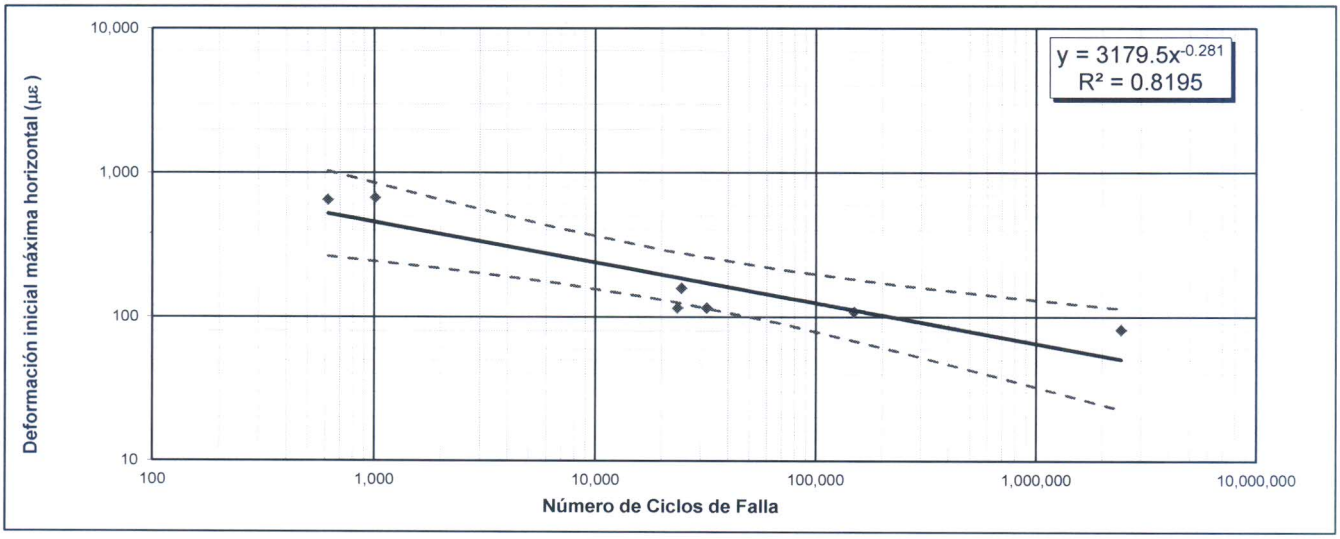
INFORME DE ENSAYO

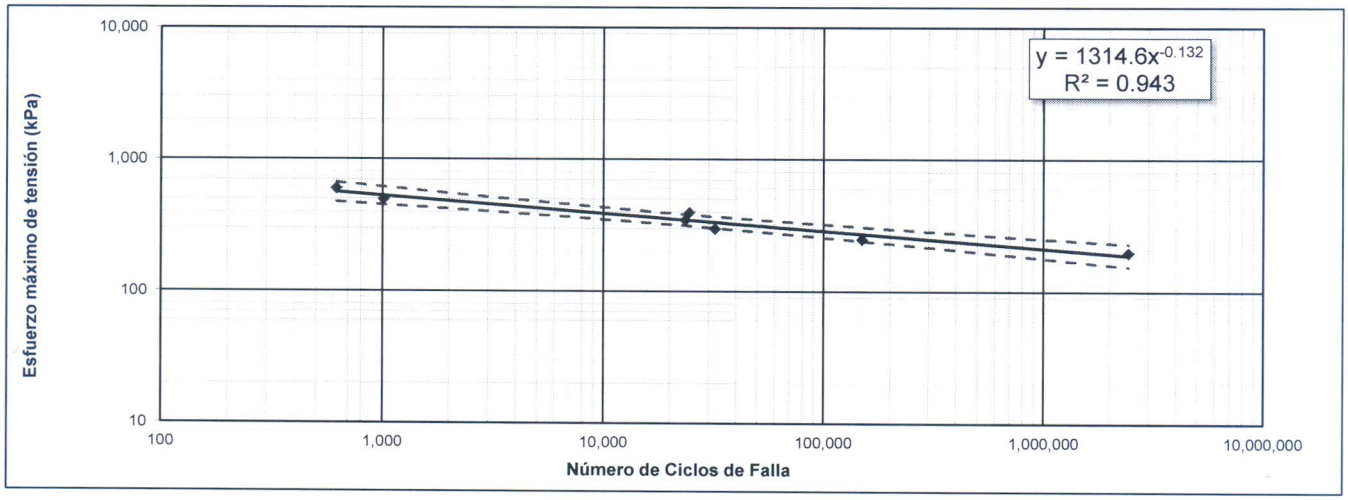
INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

CODIGO ORDEN: P024-13 (37) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_14_2_3_4_5_6_7.
Descripción: Briquetas Tipo Marshall MAM-20 Asfalto modificado tipo V (STOA).
Localización: ----
Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico modificado tipo V.

Fecha Recepción: 2013-10-04
Fecha de Ensayo: 2013-11-01





OBSERVACIONES: Las líneas puntedas corresponden a intevalos con un nivel de confianza de 99%.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS
FORMATO AF3-04

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FATIGA - ESFUERZO CONTROLADO

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO:IE-AF3-04

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: EN 12697-24-E:2000

CODIGO ORDEN: P024-13 (37) **PROYECTO:** IDU 038

Referencia: P024_14_2_3_4_5_6_7.

Descripción: Briquetas Tipo Marshall MAM-20 Asfalto modificado tipo V (STOA). Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico modificado tipo V.

Muestra:

Fecha Recepción: 2013-10-04

Fecha de Ensayo: 2013-11-01

MUESTRA	TEMP. [°C]	FREC. [Hz]	σ_{max} [kPa]	ε_o ; N 100 [$\mu\varepsilon$]	S_{me} [MPa]	Ciclos de falla N_f	OBSERVACIONES
1_4	20	2.5	600	649	1,896	619	
1_5	20	2.5	500	668	1,535	1,009	
1_7	20	2.5	400	159	5,166	24,550	
1_6	20	2.5	350	115	6,218	23,519	
1_1	20	2.5	300	116	5,325	32,003	
1_2	20	2.5	250	108	4,735	149,104	
1_8	20	2.5	200	82	5,020	2,430,500	

$$\varepsilon_{x,\max} = \frac{\sigma_{x,\max} \cdot (1+3 \cdot \nu)}{S_{me}} \cdot 1.000$$

$\varepsilon_{x,\max}$: Deformación inicial horizontal máxima de tensión en el centro de la muestra

$\sigma_{x,\max}$: Esfuerzo máximo de tensión aplicado en el centro de la muestra

S_{me} : Módulo Dinámico Elástico bajo un esfuerzo controlado de

ν : Relación de Poisson's asumida como 0,35

Nota 1: ***si R^2 <0,90*** se debe ensayar una nueva muestra y agregarla al rango de datos, si después de agregar 10 datos nuevos ***R^2 < 0,90***, se debe reportar un informe con el significado estadístico de los datos.

OBSERVACIONES:

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024-13(37) PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024 - 14_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico modificado tipo v.

Fecha de recepción: 2013-10-04

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MAM-20 Asfalto modificado tipo v (STOA).

Fecha de ensayo: 2013-11-19

1. RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA

1.1 CONDICIÓN DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO SECO*

Referencia	3	7	9
Altura del espécimen (mm)	68.3	68.6	69.7
Diametro del espécimen (mm)	100.1	100.2	100.3
Vacios (%)	6.6	6.5	7.2
Promedio Vacios (%)		6.8	
Lectura de carga (kg)	859	853	829
Carga Máxima (N)	8426.8	8367.9	8132.5
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	784.3	774.7	740.4

Promedio Resistencia a la Tensión S_1 (kPa) **766.4**

1.2. CONDICION DE LOS ESPÉCIMENES *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	4	5	8
Altura del espécimen (mm)	68.2	68.6	70.2
Diametro del espécimen (mm)	100.3	100.2	100.2
Vacios (%)	6.3	6.6	6.5
Promedio Vacios (%)		6.5	
Lectura de carga (kg)	787	796	742
Carga Máxima (N)	7720.5	7808.8	7279.0
Resistencia a la Tensión (kPa) S_2	718.0	723.5	658.5

Promedio Resistencia a la Tensión S_2 (kPa) **700.0**

1.3 RELACIÓN DE RESISTENCIAS A LA TENSIÓN (TSR) **(S_2/S_1)=** **91.3**

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

1/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN: P024-13(37) PROYECTO: IDU 038

Referencia: P024 - 14_2_3_4_5_6_7.

Muestra: Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico modificado tipo v.

Descripción: Briquetas Tipo marshall - MAM-20 Asfalto modificado tipo v (STOA).

Fecha de recepción: 2013-10-04

Fecha de ensayo: 2013-11-19

2. DETERMINACION DEL GRADO DE SATURACION *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	4	5	8
Peso del espécimen seco al aire (g)	1197.6	1194.3	1191.3
Peso del espécimen después de someterlo a vacío (g)	1222.8	1220.5	1215.0
Volumen de agua absorbida (cm^3)	25.2	26.2	23.7
Volumen inicial del espécimen (cm^3)	527.9	528.4	526.0
Volumen de vacios (cm^3)	33.3	34.9	34.2
Saturación (%)	75.8	75.1	69.3
Grado promedio de saturación después de la saturación parcial (%)	**73.4**		
Peso del espécimen Saturado superficialmente seco (g) (después de la inmersión a 25°C)	1230	1227.9	1219.3
Volumen de agua absorbida (después de la inmersión a 25°C) (cm^3)	32.4	33.6	28.0
Saturación (después de la inmersión a 25°C) (%)	97.4	96.3	81.9
Grado promedio de saturación después del acondicionamiento de humedad (%)	**91.9**		

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ David M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

2/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-11

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

RESISTENCIA DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA AL DAÑO CAUSADO POR HUMEDAD

INFORME DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E-725-07

ORDEN:	P024-13(37)	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 - 14_2_3_4_5_6_7.		
Muestra:	Grava 1" y 1/2" (Rio Coello) , Arena triturada y natural (Rio Coello),Arena de peña (Ingescol Soacha),Grava 3/4" (Peña planta TS Melgar),Ligante asfáltico modificado tipo v.	Fecha de recepción:	2013-10-04
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MAM-20 Asfalto modificado tipo v (STOA).	Fecha de ensayo:	2013-11-19

3. DETERMINACION DEL HINCHAMIENTO *GRUPO HÚMEDO*

Referencia	4	5	8
Peso del espécimen en agua después de someterlo a vacío (g)	693.4	690.6	687.4
Volumen del espécimen después de la saturación parcial (cm^3)	529.4	529.9	527.6
Hinchamiento (%)	0.3	0.3	0.3
Hinchamiento promedio después de la saturación parcial (%)	**0.3**		
Peso del espécimen en agua (g) (después de la inmersión a 25°C)	701.3	698.7	692.6
Volumen del espécimen después del acondicionamiento de humedad (cm^3)	528.7	529.2	526.7
Hinchamiento (después de la inmersión a 25°C) (%)	0.2	0.2	0.1
Hinchamiento promedio después del acondicionamiento de humedad (%)	**0.1**		

OBSERVACIONES: _____

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/Daniel M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

3/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS NO ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS Y SUPERFICIE SECA

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-06 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 733-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 -13 (37)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	P024 -14_2_3_4_5_6_7.	Fecha recepción:	2013-10-04
Descripción:	Mezcla asfaltica MAM-20 con ligante asfáltico modificado tipo V (STOA)	Fecha de ensayo:	2013-11-07

Tipo de Mezcla: MAM-20 con ligante asfáltico modificado. Método Utilizado: A

Briqueta No			4	3	5	---	---
Temperatura del agua		°C	24	24.1	24.1	---	---
Temperatura ambiente		°C	24	24.4	24.4	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1197.6	1195.7	1194.3	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1200.3	1200	1201.3	---	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	672.4	671.2	672.9	---	---
Constante de corrección k			1.000253	1.000253	1.000253	----	---
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.269 ± 0.018*	2.262 ± 0.018*	2.261 ± 0.018*	± *	± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2262.4 ± 18.9*	2254.9 ± 18.9*	2254.0 ± 18.9*	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	0.511 ± 0.226*	0.813 ± 0.359*	1.325 ± 0.585*	± *	± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

Tipo de Mezcla: MAM-20 con ligante asfáltico modificado. Método Utilizado: A

Briqueta No			7	8	9	---	---
Temperatura del agua		°C	24.1	24.1	24.1	---	---
Temperatura ambiente		°C	24.4	24.4	24.4	---	---
Peso del especimen seco al aire	(A)	g	1197.3	1191.3	1196.1	---	---
Peso del especimen S.S.S.	(B)	g	1206.2	1198.2	1203.1	---	---
Peso del especimen en Agua	(C)	g	677.5	672.2	670.9	---	---
Constante de corrección k			1.00025	1.000253	1.000253	---	---
Gravedad especifica bulk $_{25ºC}$			2.265 ± 0.018*	2.265 ± 0.018*	2.248 ± 0.018*	± *	± *
Densidad $_{25ºC}$		kg/m^3	2258.4 ± 18.9*	2258.6 ± 18.9*	2241.3 ± 18.8*	± *	± *
Agua absorbida por volumen		%	1.683 ± 0.744*	1.312 ± 0.580*	1.315 ± 0.581*	± *	± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LA LABORATORIO

PP/ DANIEL M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

4/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-05

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Gmm) Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-05 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 735-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 -13(37)	**PROYECTO:**	IDU 038
Referencia:	P024 -14_2_3_4_5_6_7.	Fecha de recepción:	2013-10-04
Descripción:	Mezcla asfaltica MAM-20 con ligante asfáltico modificado tipo V.	Fecha de ensayo:	2013-10-24

Tipo de recipiente: _____ Tipo de procedimiento: _____

Prueba No.		1	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	2397.3	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	8756.6	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	7349.1	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A + D - E))		2.422 ± 0.007 *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

Prueba No.		-----	-----	-----	-----	-----
Peso de la muestra (A)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + muestra + Agua (E)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Peso del picnómetro + agua a 25ºC (D)	g	-----	-----	-----	-----	-----
Gs= A / (A - (E - D))		----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *	----- ± *

OBSERVACIONES: _____

* El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansiòn k=2.

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL M R
DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

5/6

LABORATORIO
DE PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF2-02

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5373

PORCENTAJE DE VACIOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS

INFORME DE ENSAYO

INSTRUCTIVO DE ENSAYO: IE-AF2-02 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INV E 736-07

CÓDIGO ORDEN:	P024 (37)-13	PROYECTO: IDU 038	
Referencia:	P024 - 14_2_3_4_5_6_7.	Fecha de ensayo:	2013-11-08
Descripción:	Briquetas Tipo marshall - MAM 20 con ligante asfaltico modificado tipo v (STOA)	Fecha de recepción:	2013-10-04

Referencia	3	4	5
Gravedad específica bulk	2.262	2.269	2.261
Gravedad específica máxima teórica	2.422	2.422	2.422
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6.6%	6.3%	6.6%

OBSERVACIONES:

Referencia	7	8	9
Gravedad específica bulk	2.265	2.265	2.248
Gravedad específica máxima teórica	2.422	2.422	2.422
Porcentaje de Vacios de aire (%)	6.5%	6.5%	7.2%

OBSERVACIONES:

$$\%Vacios = \left[1 - \frac{Gravedad\_especifica\_bulk}{Gravedad\_especifica\_máxima\_teórica}\right] x100$$

JEISSON HURTADO
CALCULÓ: CORDINADOR DE LABORATORIO

DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

6/6

LABORATORIO DE
PRUEBAS Y ENSAYOS

FORMATO AF3-08

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
Cra 7 No. 40-62 - Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá
Tel.:(57-1) 3208320 Ext. 5268/69 Fax: Ext. 5255

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE LA PISTA DE ENSAYO DE LABORATORIO

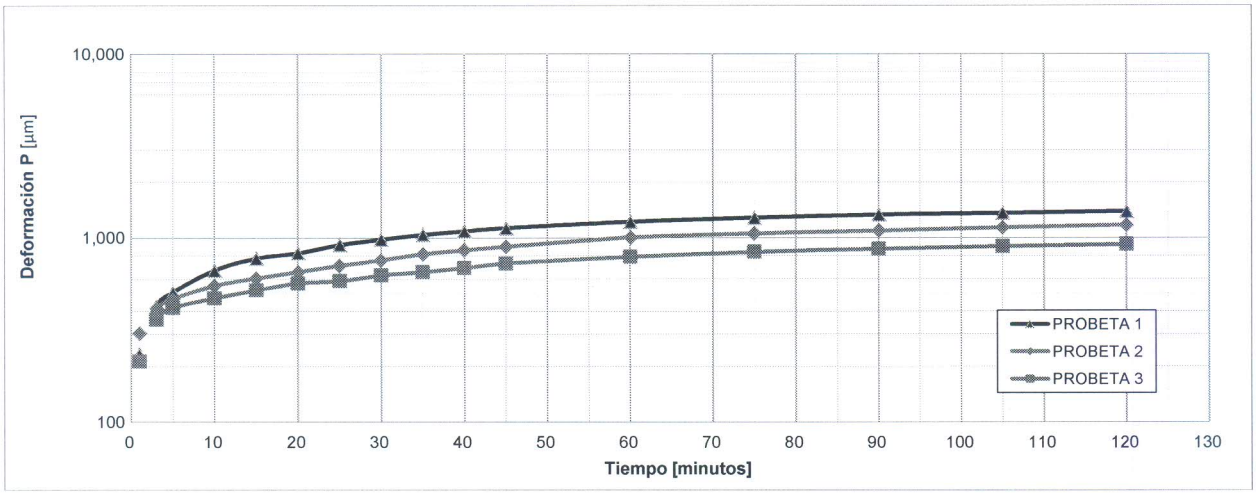
PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: INVE 756-07

CODIGO ORDEN:	**P024-13(37)**	**PROYECTO:**	**IDU 038**
Referencia:	P024-P025-14	**Fecha Recepción:**	2013-10-04
Muestra:	Mezcla asfáltica MAM-20_con asfalto modificado tipo V (STOA).	**Fecha de Ensayo:**	2013-10-30
Descripción:	Panela de asfálto.		

I. DATOS DE ENSAYO

Temperatura de ensayo:	(°C)	60
Presión de contacto	(kN/m^2)	900

II. RESULTADOS - GRAFICA DEFORMACIÓN VS TIEMPO



II. RESULTADOS

		Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Deformación total al final del ensayo	(µm)	1393.3	1173.3	923.3
Velocidad en el intervalo 30 a 45 minutos, V30/45	(µm)/ min	10	9	7
Velocidad en el intervalo de 75 a 90 minutos, V75/90	(µm)/ min	4	2	3
Velocidad en el intervalo de 105 a 120 minutos, V105/120	(µm)/ min	2	2	2

OBSERVACIONES

JEISSON DUBIER HURTADO
CALCULÓ: COORDINADOR DE LABORATORIO

PP/ DANIEL MAURICIO RUIZ
REVISÓ: ING. DE LABORATORIO

ANEXO M. Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la subbase granular, para 82 kN y 5 Hz.



Figura M 1. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.

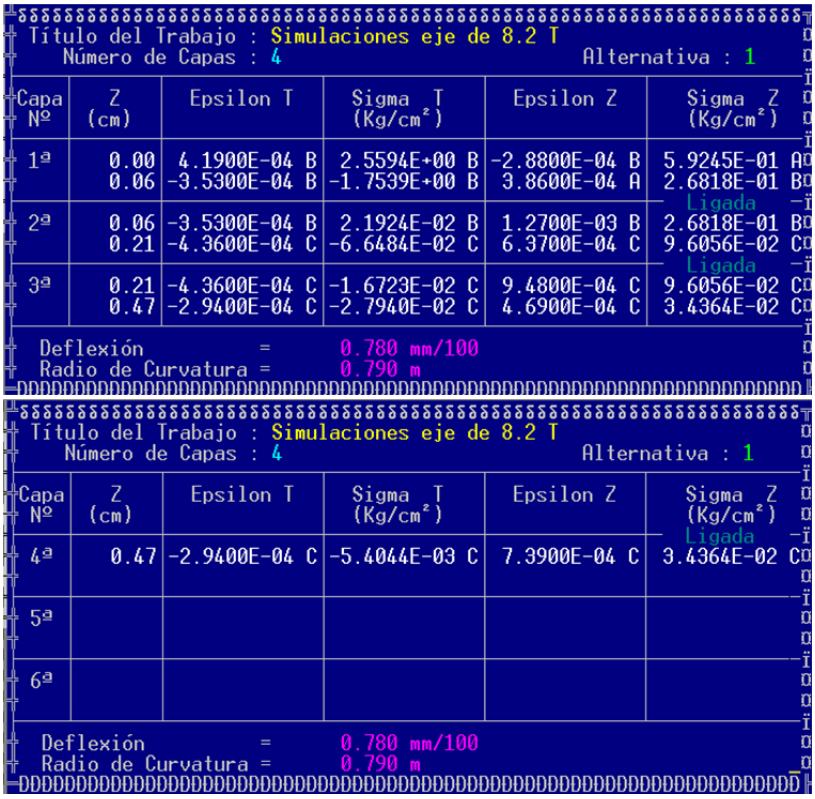


Figura M 2. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura M 3. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.

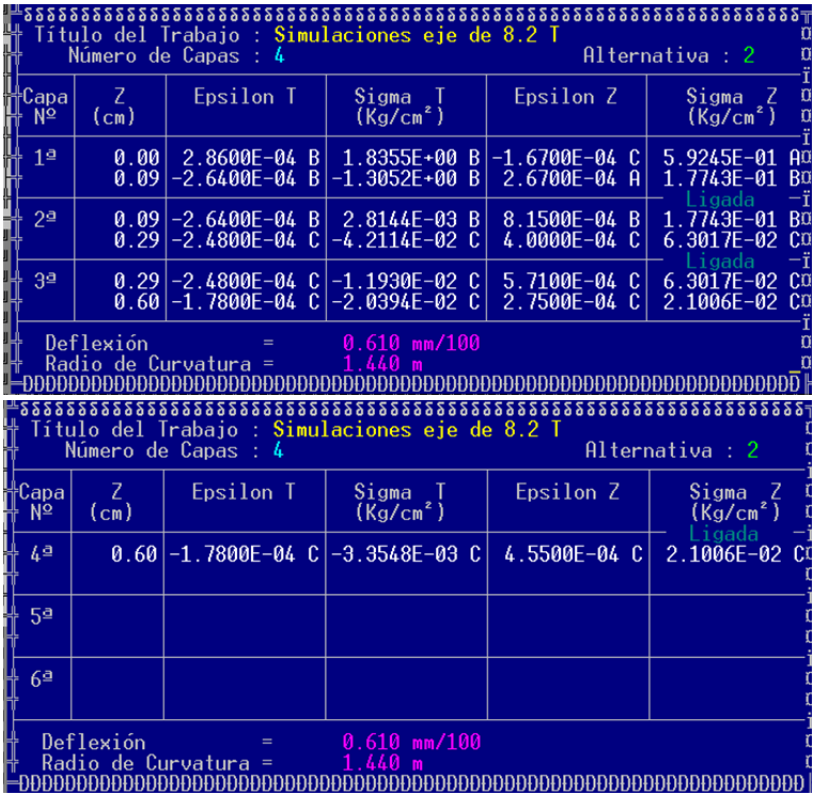


Figura M 4. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura M 5. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.

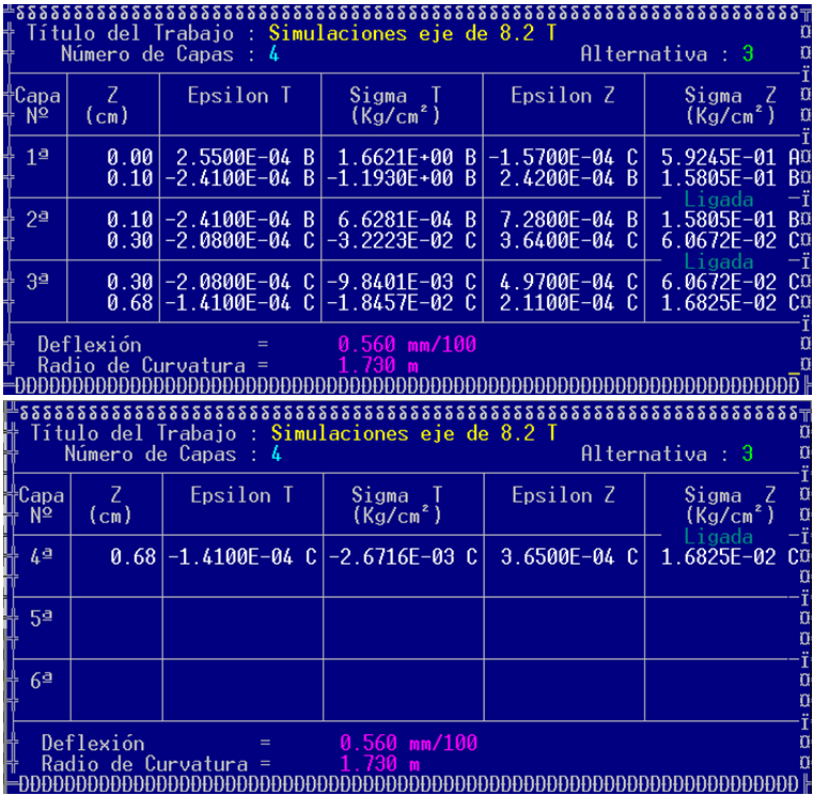


Figura M 6. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura M 7. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.

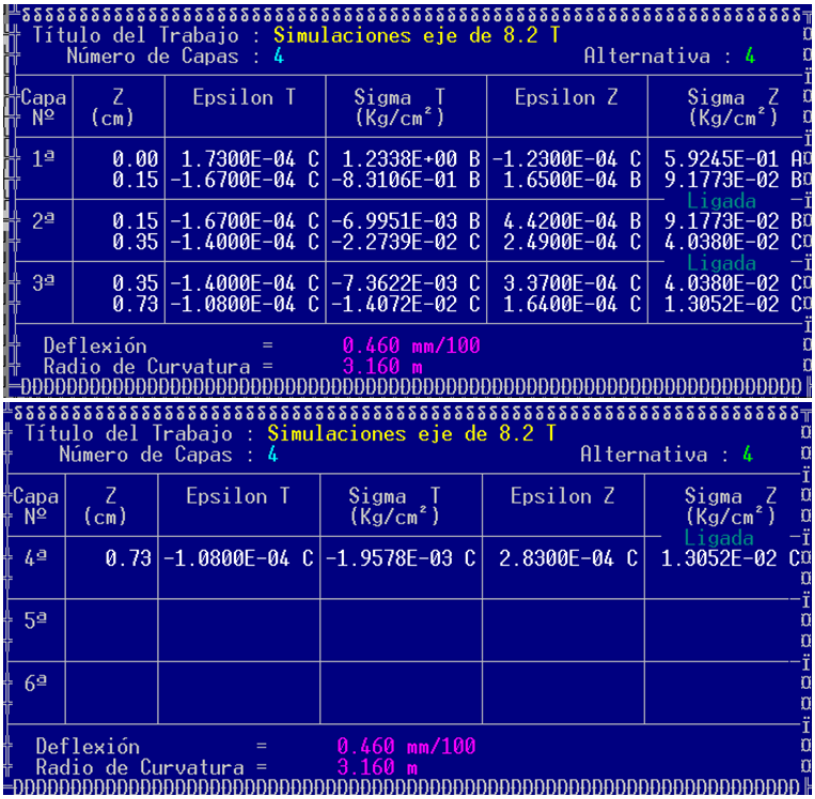


Figura M 8. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura M 9. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.

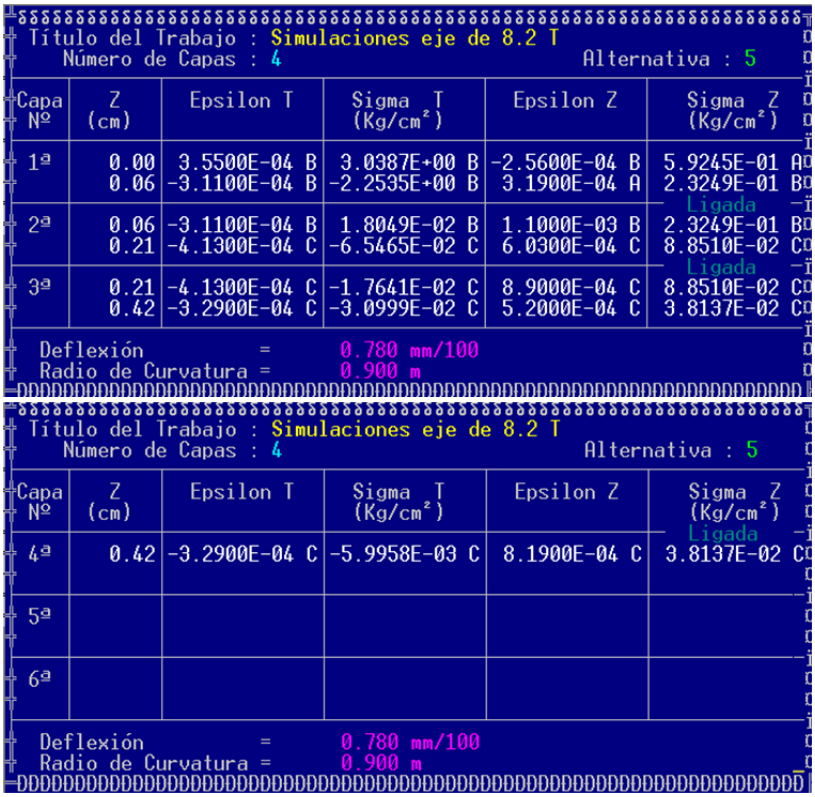


Figura M 10. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.

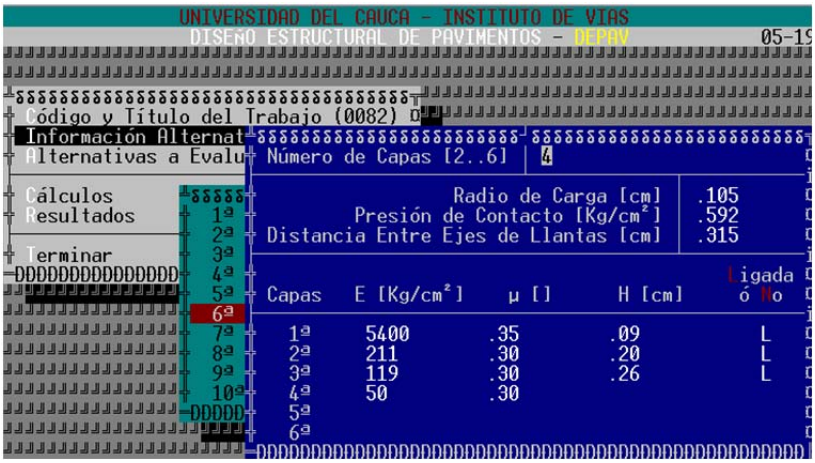


Figura M 11. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.

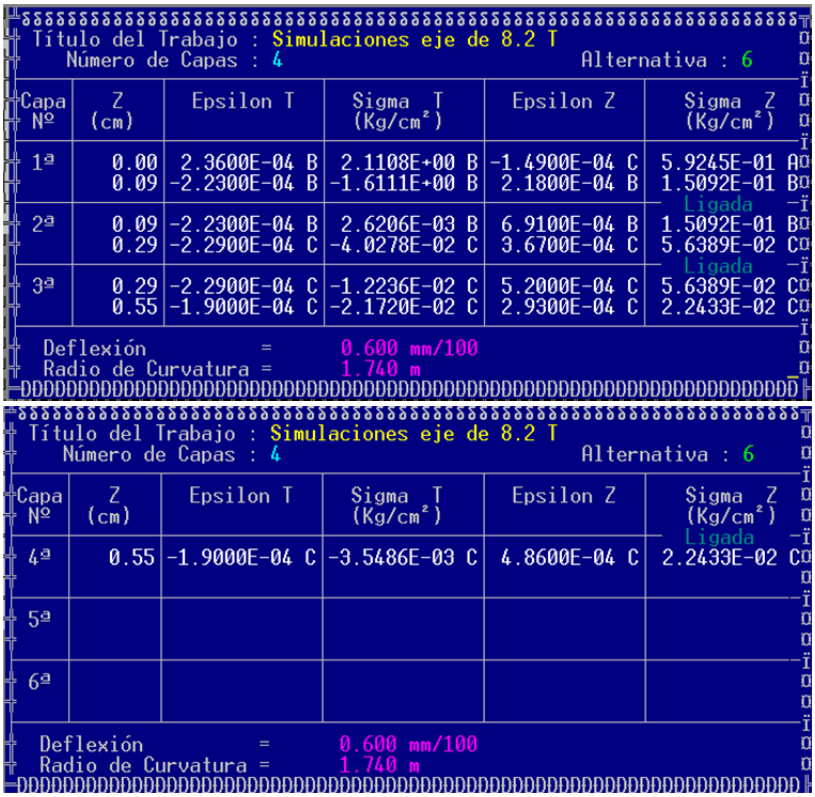


Figura M 12. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura M 13. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.

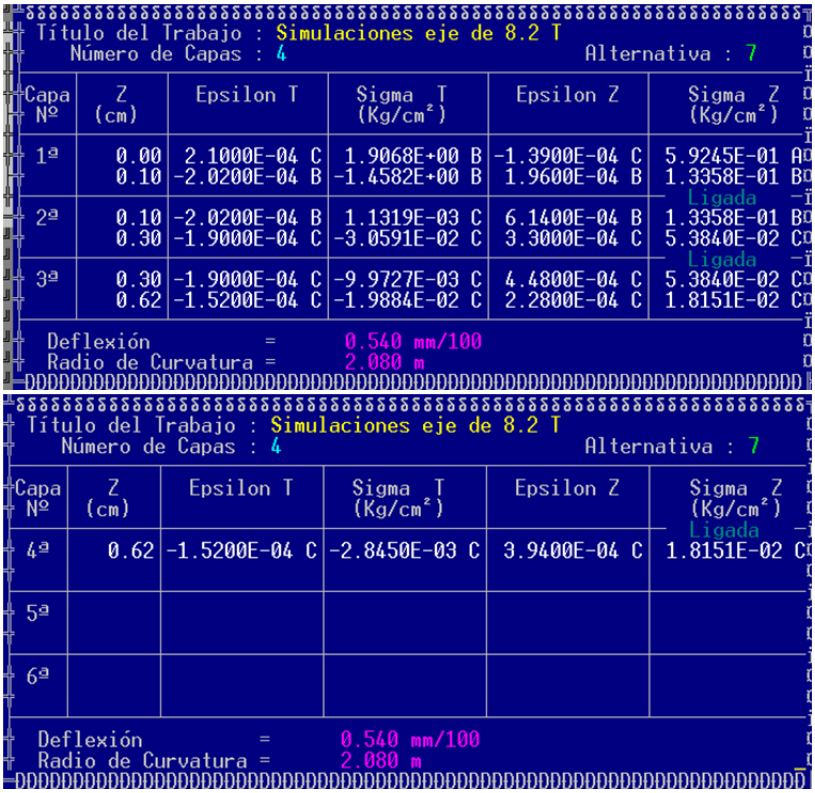


Figura M 14. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura M 15. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.

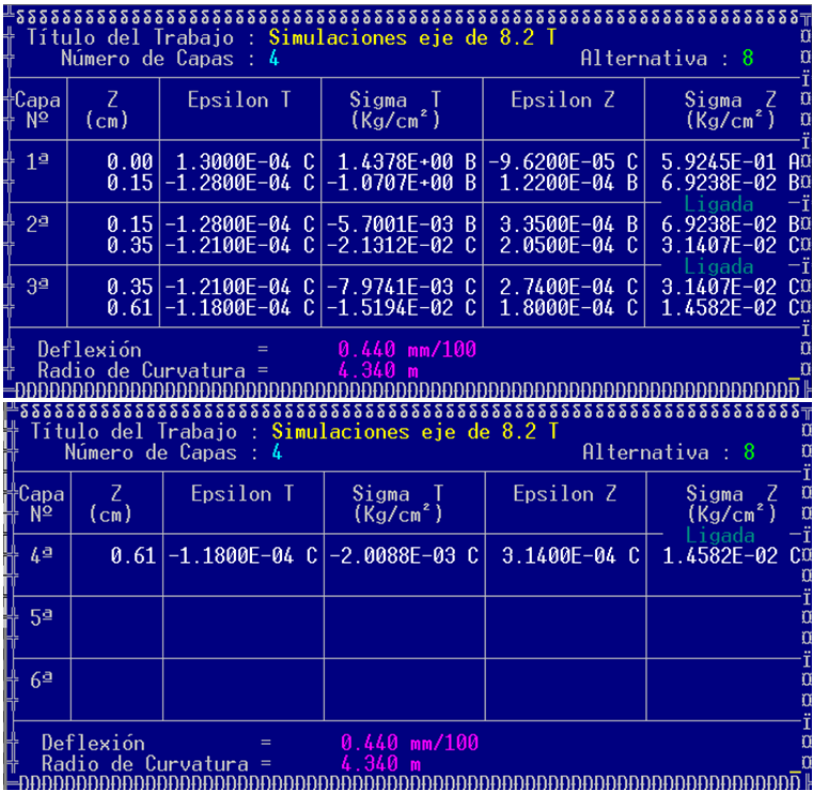


Figura M 16. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura M 17. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.

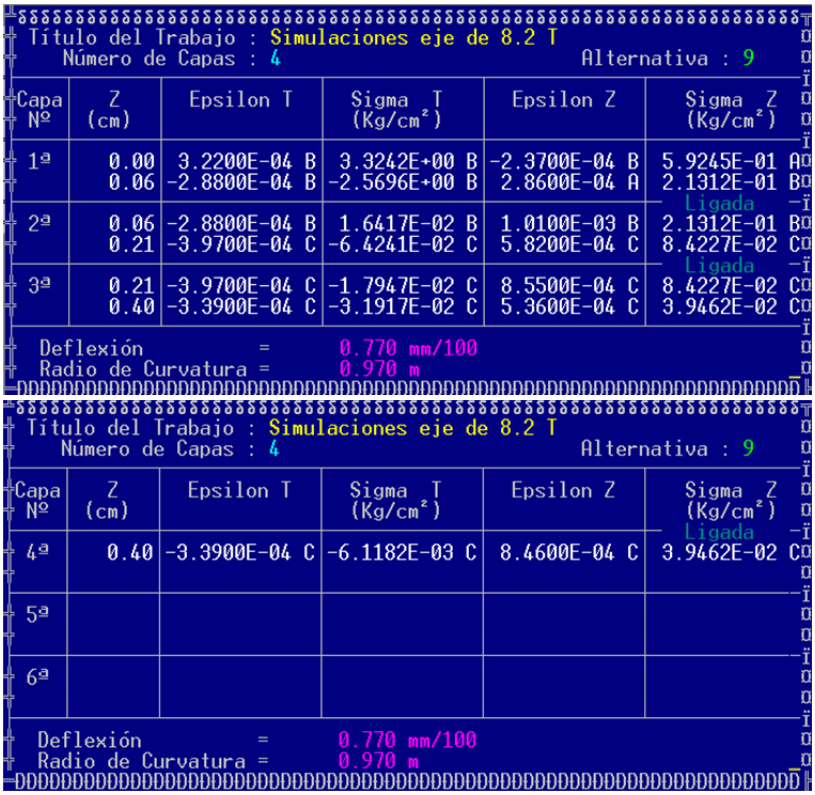


Figura M 18. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura M 19. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.

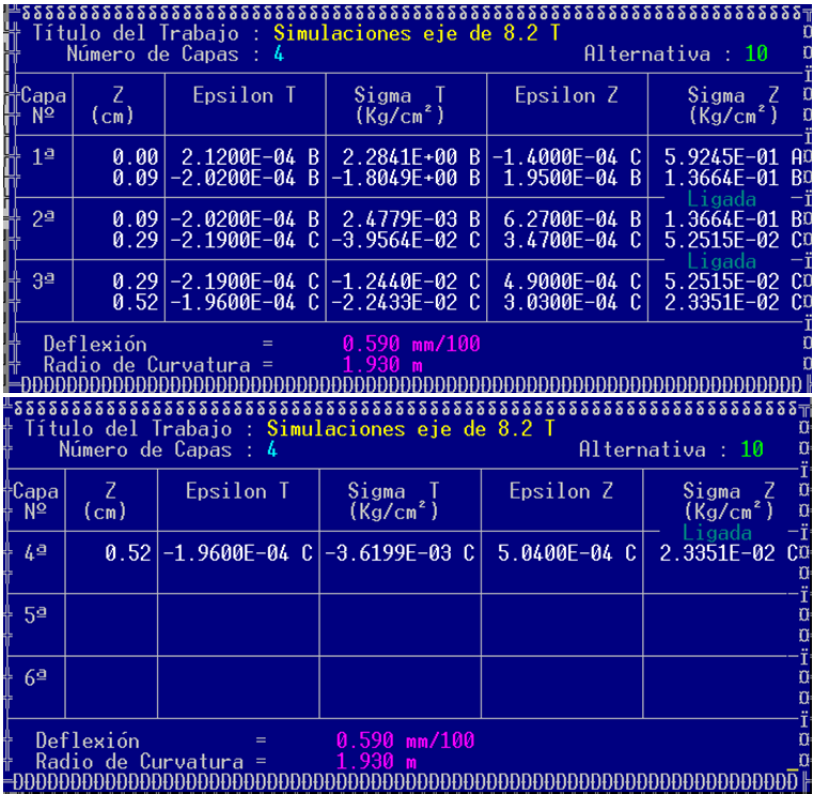


Figura M 20. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura M 21. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.

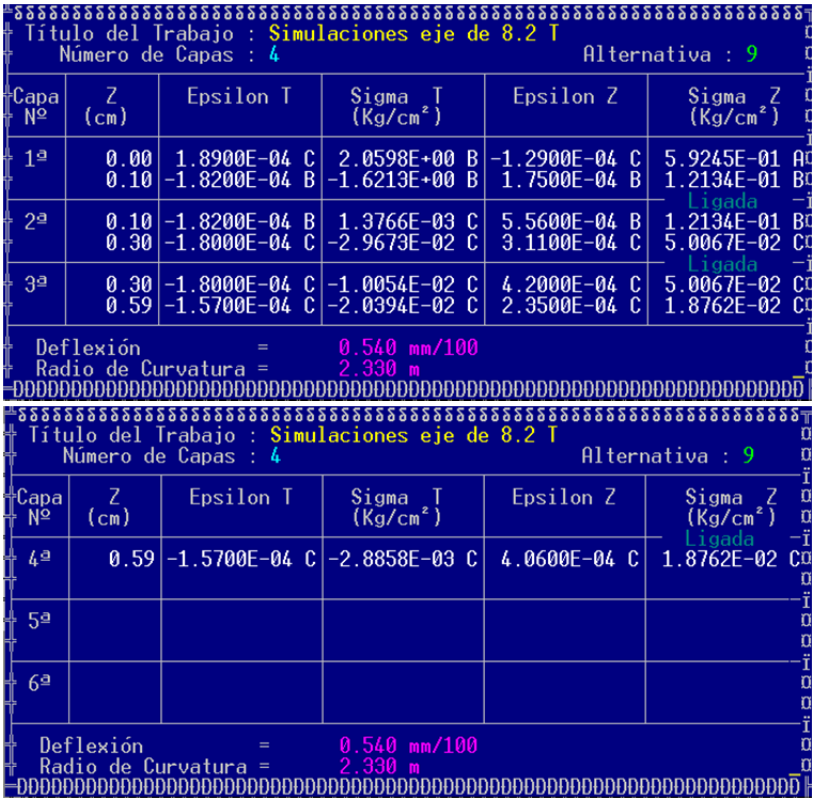


Figura M 22. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura M 23. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular

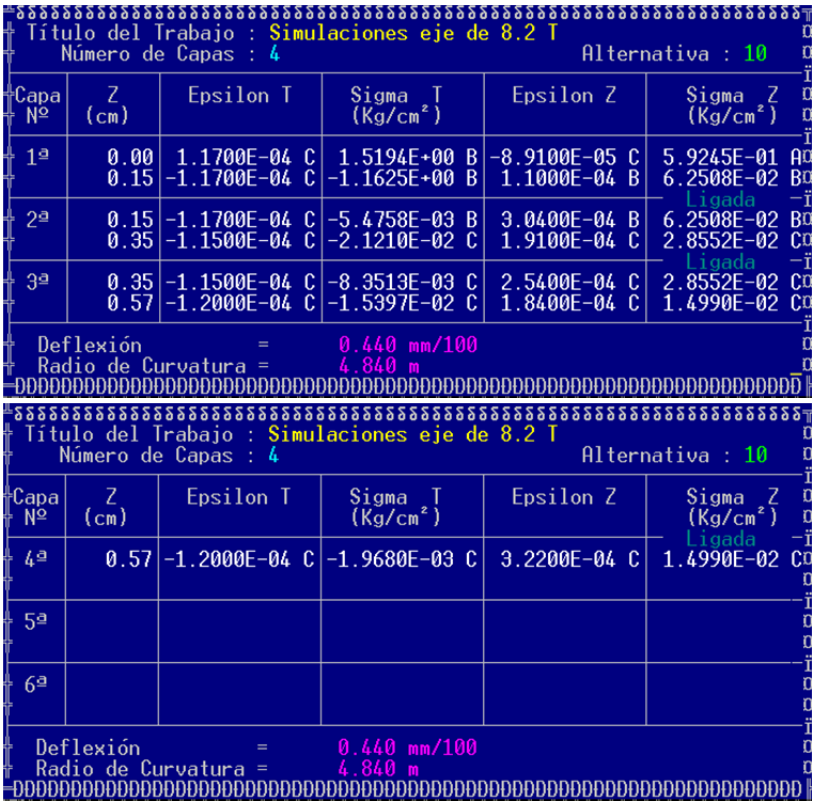


Figura M 24. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.

ANEXO N. Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la subbase granular, para 130 kN y 5 Hz.



Figura N 1. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.

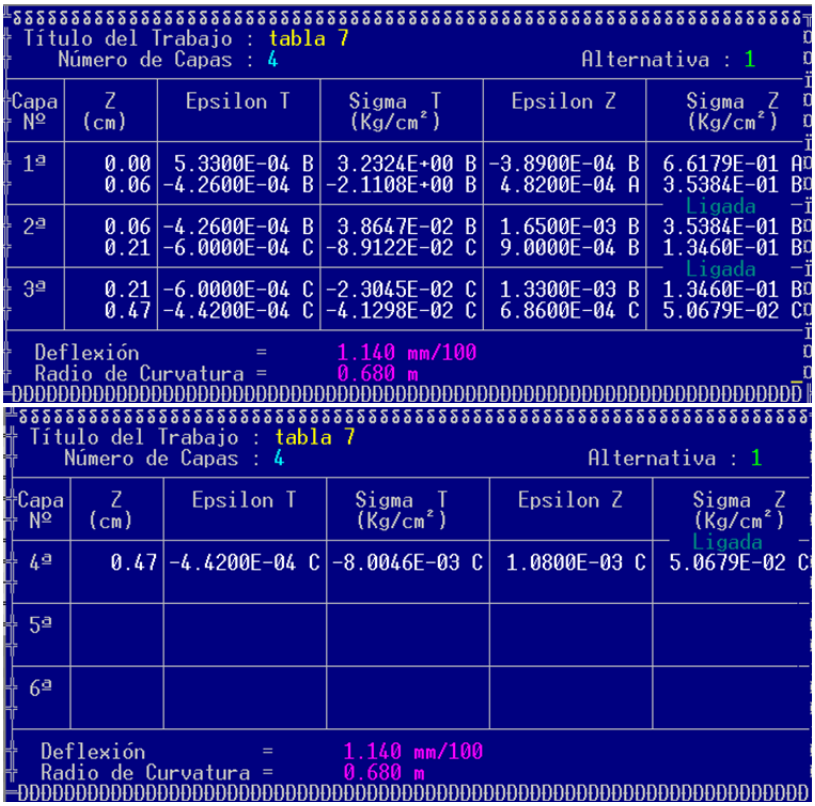


Figura N 2. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura N 3. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.

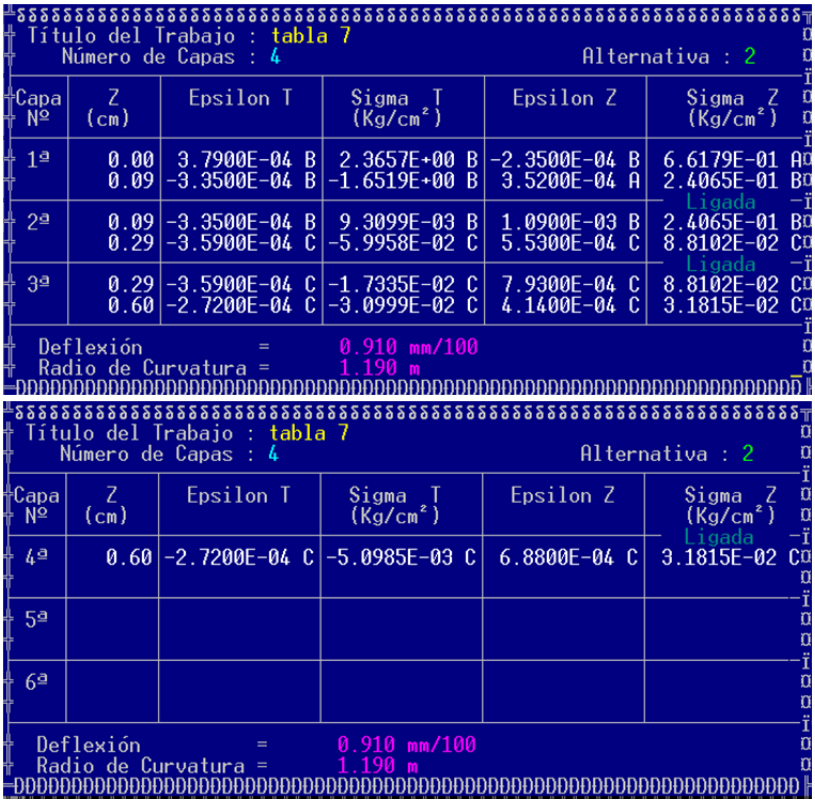


Figura N 4. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura N 5. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.

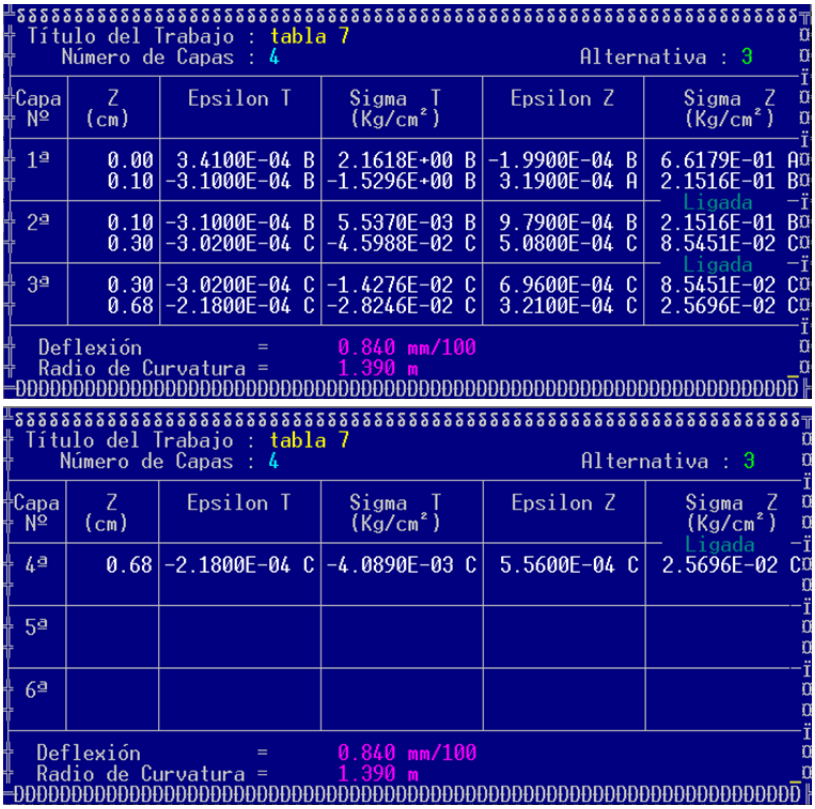


Figura N 6. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura N 7. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.

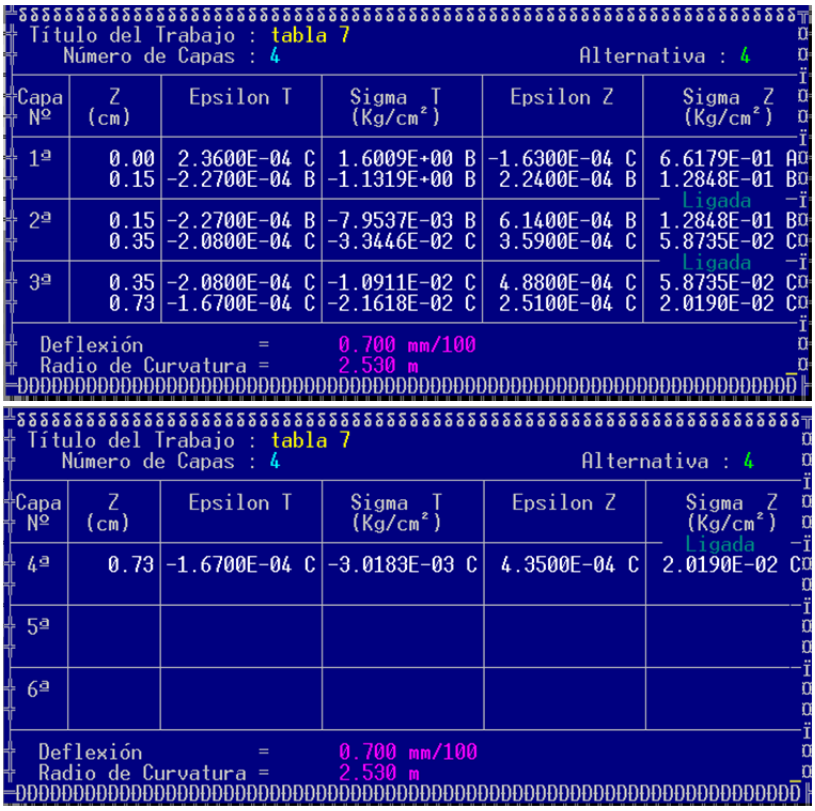


Figura N 8. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura N 9. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.

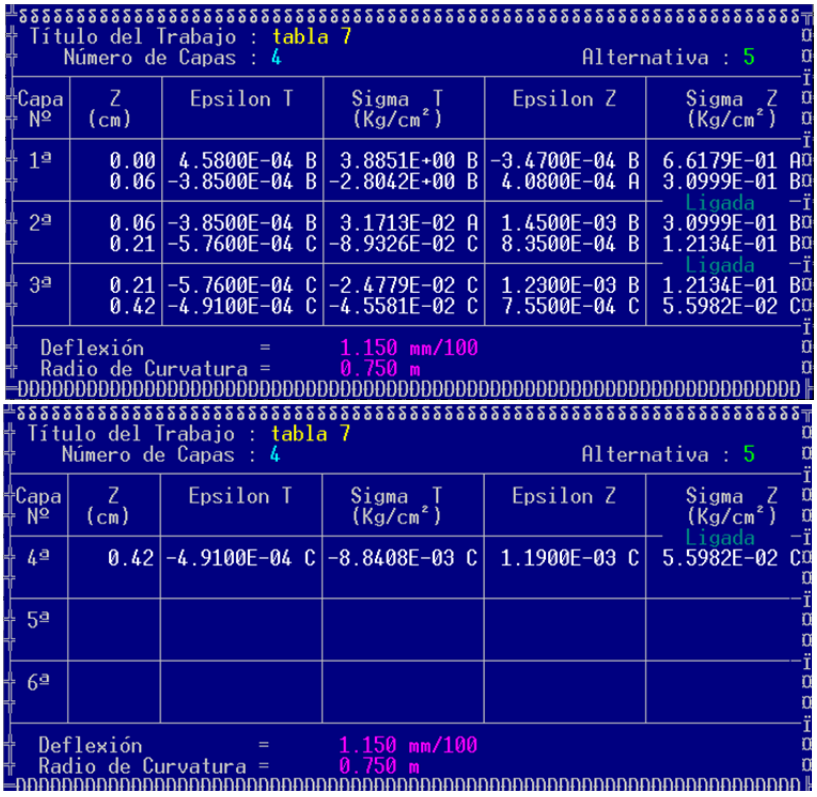


Figura N 10. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura N 11. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.

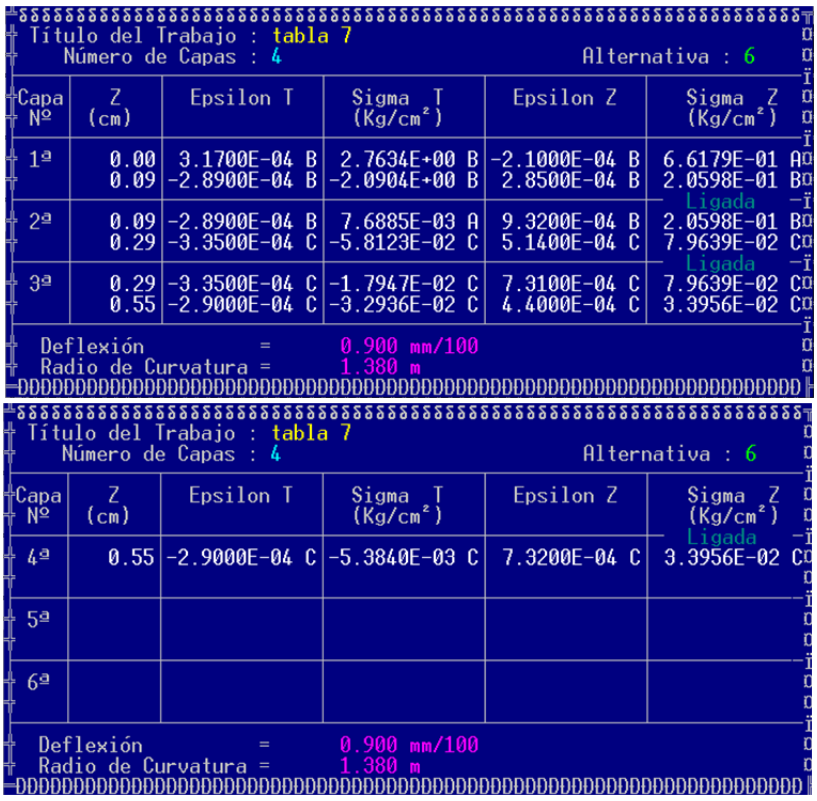


Figura N 12. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura N 13. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.

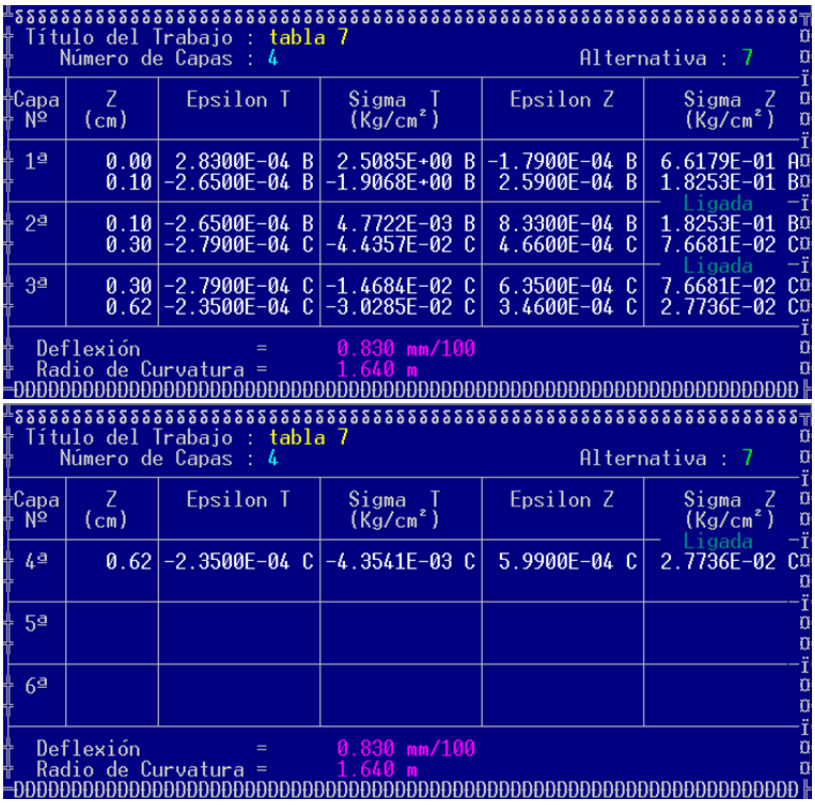


Figura N 14. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura N 15. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.

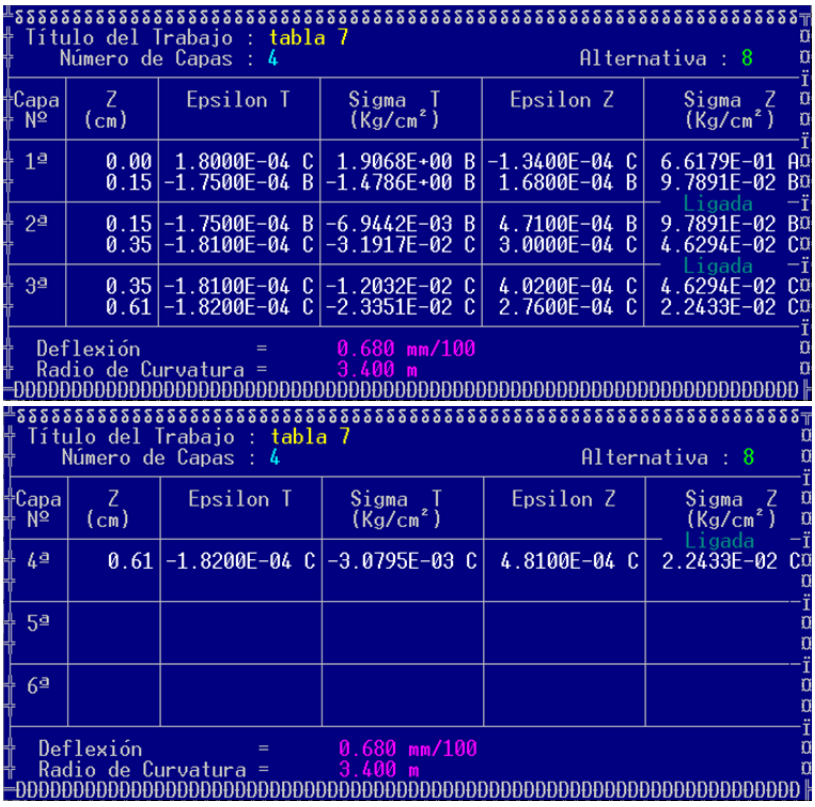


Figura N 16. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura N 17. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.

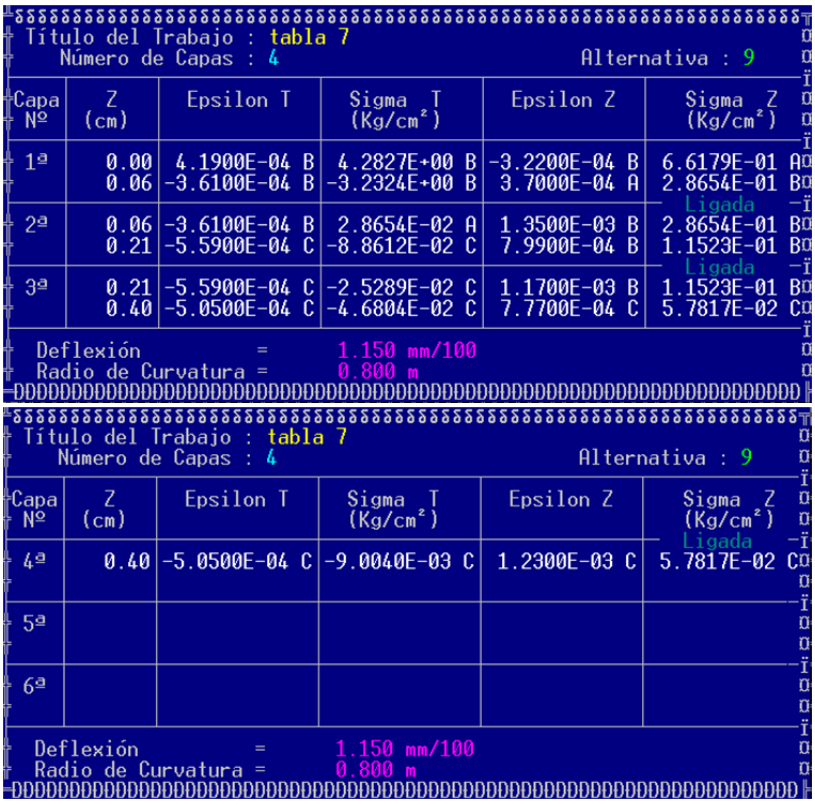


Figura N 18. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura N 19. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.

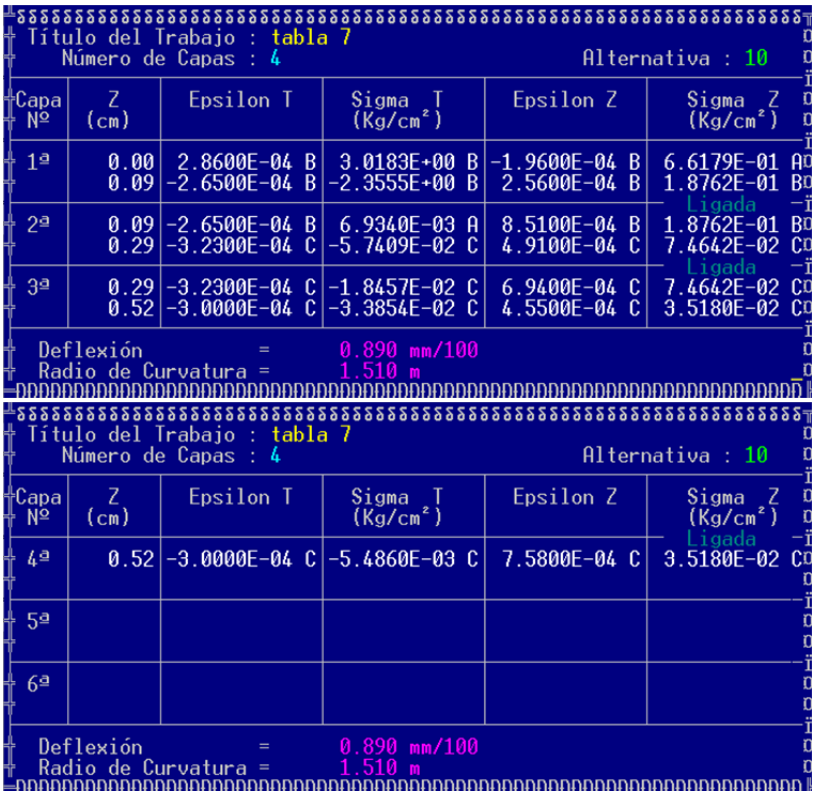


Figura N 20. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura N 21. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.

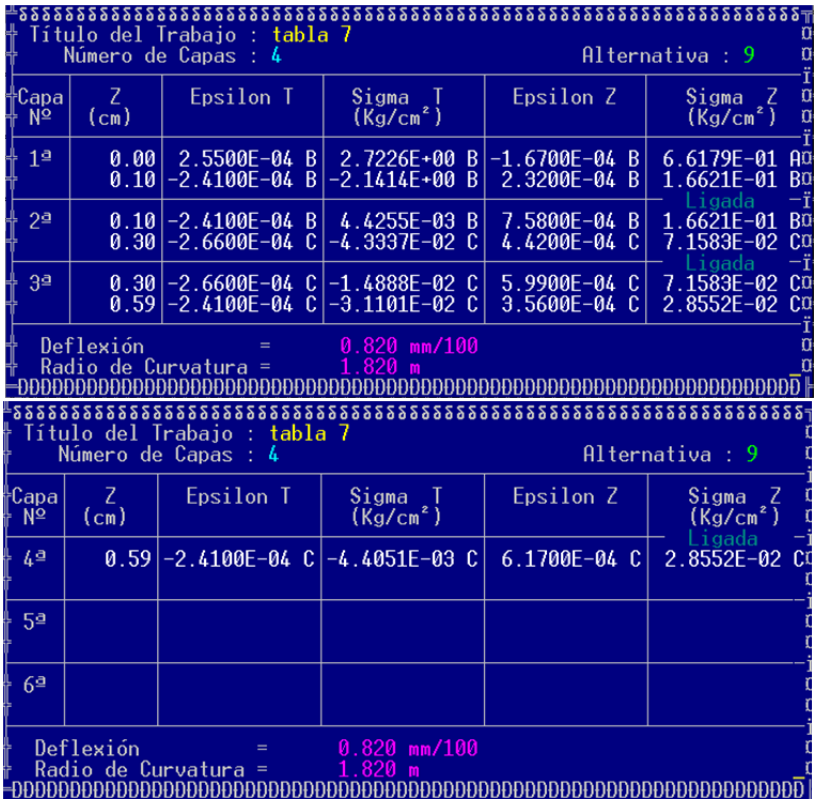


Figura N 22. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.



Figura N 23. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.

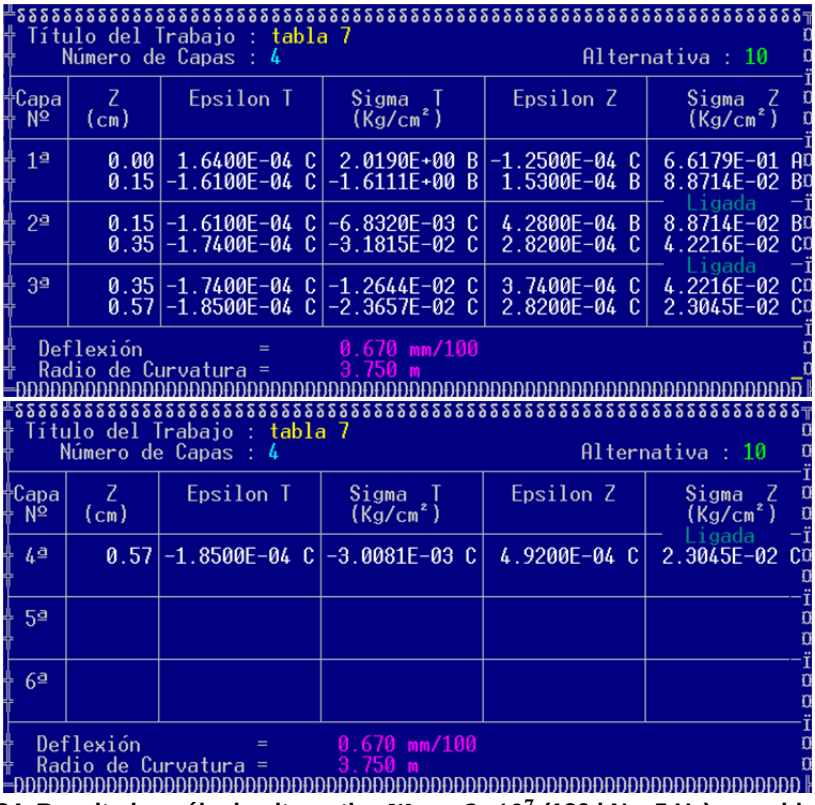


Figura N 24. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la subbase granular.

ANEXO O. Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la capa asfáltica, para 82 kN y 5 Hz.



Figura O 1. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.

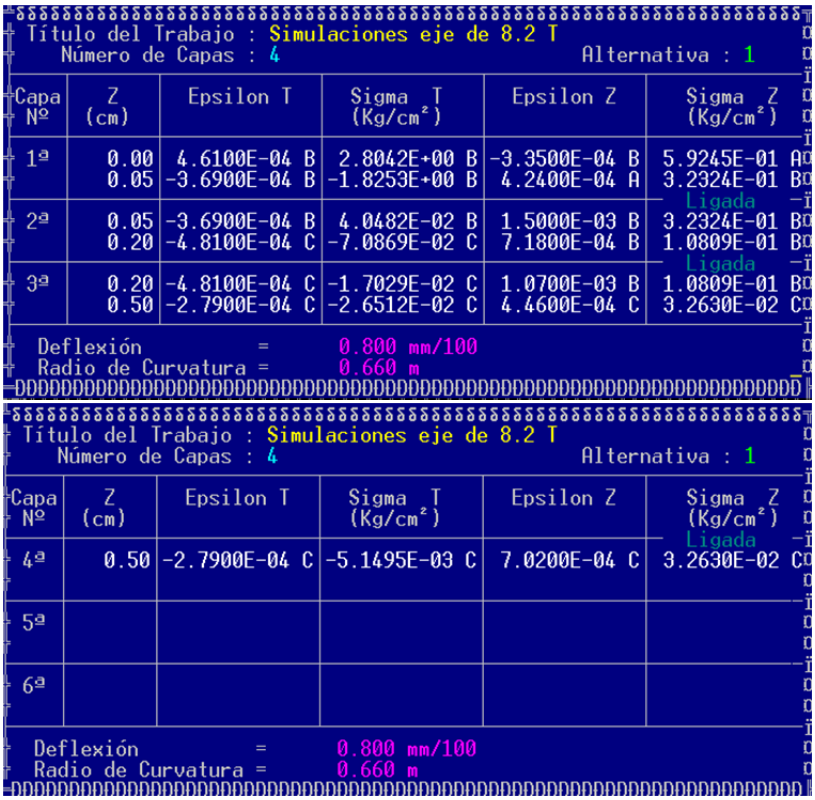


Figura O 2. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura O 3. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.

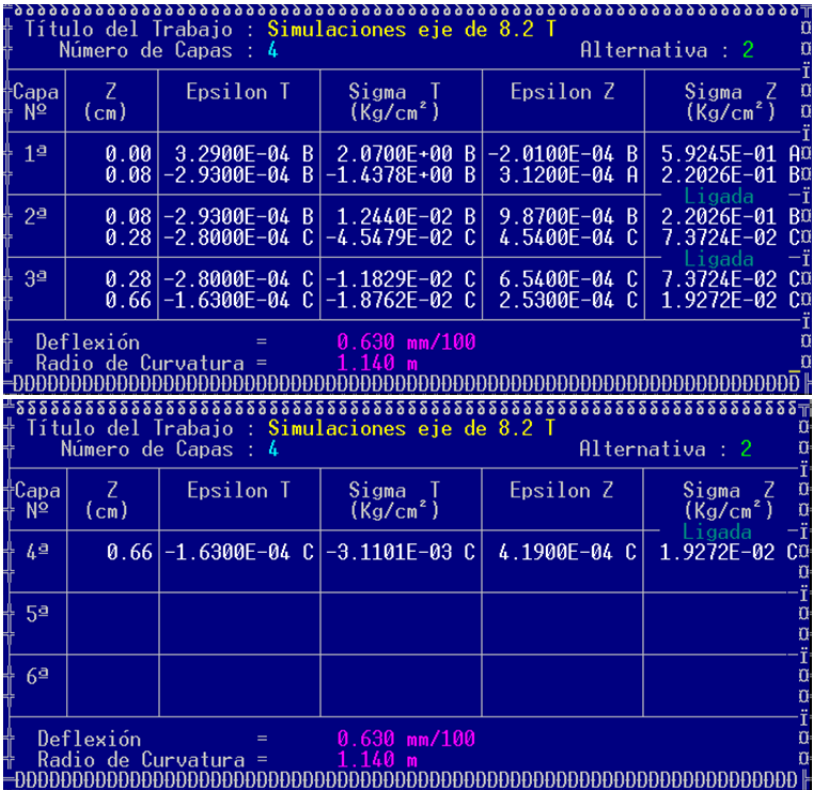


Figura O 4. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura O 5. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.

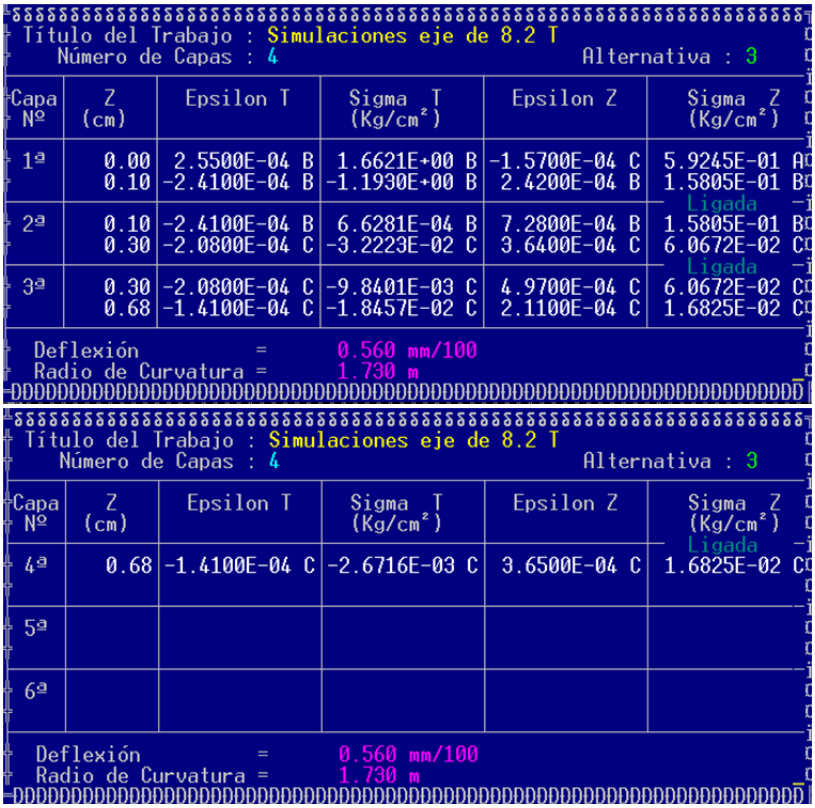


Figura O 6. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura O 7. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.

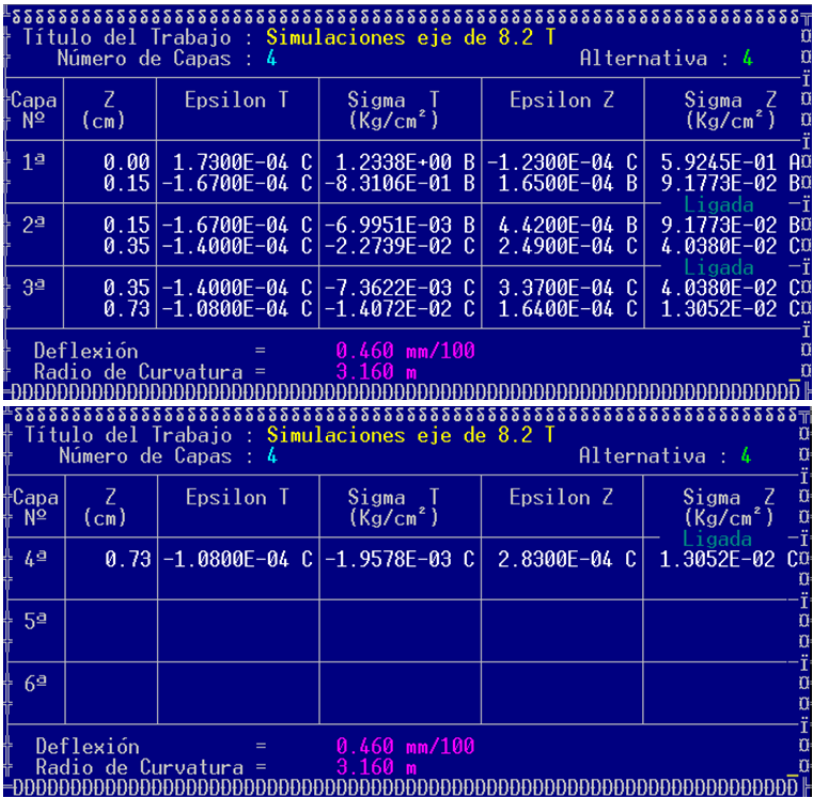


Figura O 8. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura O 9. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.

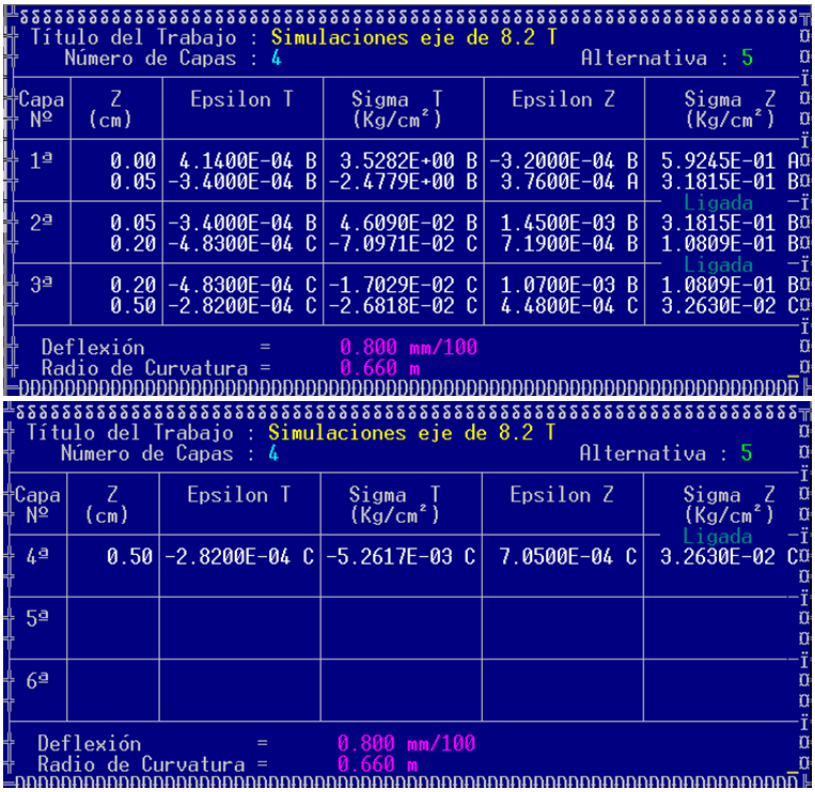


Figura O 10. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura O 11. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.

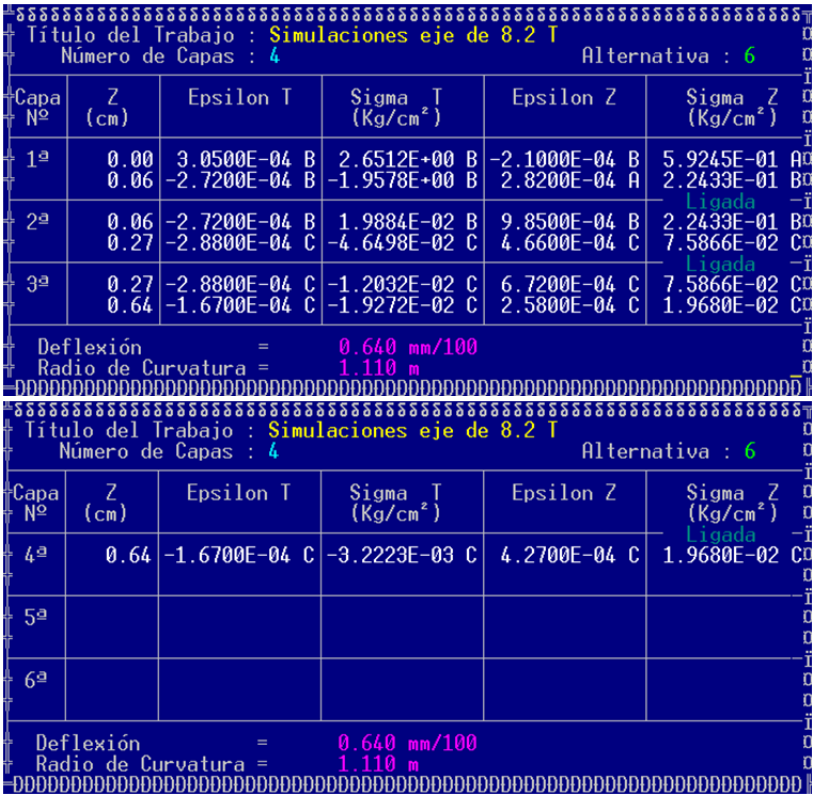


Figura O 12. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura O 13. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.

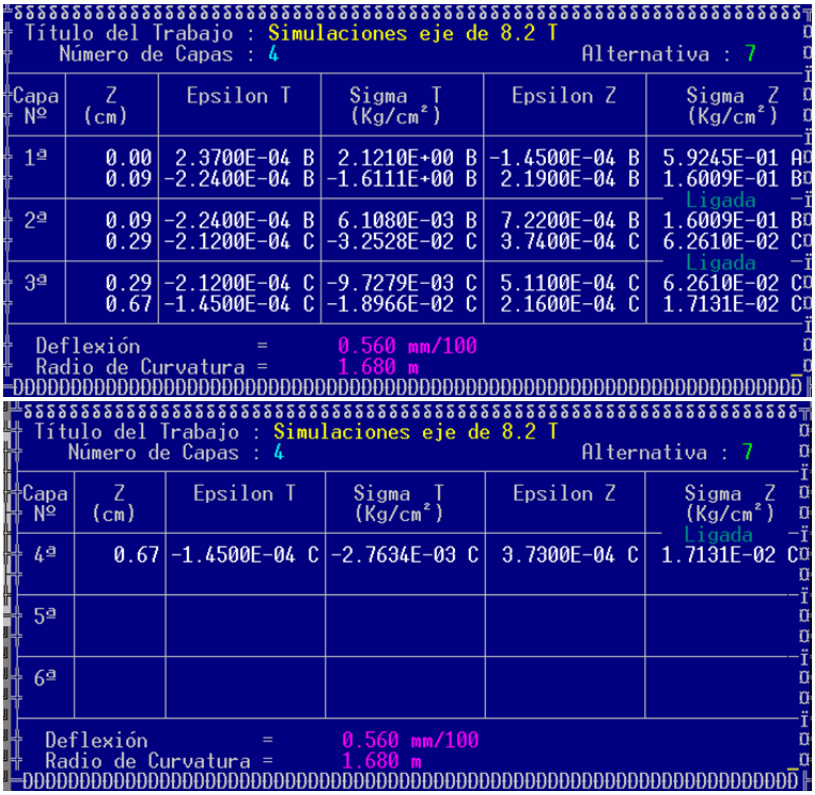


Figura O 14. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura O 15. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.

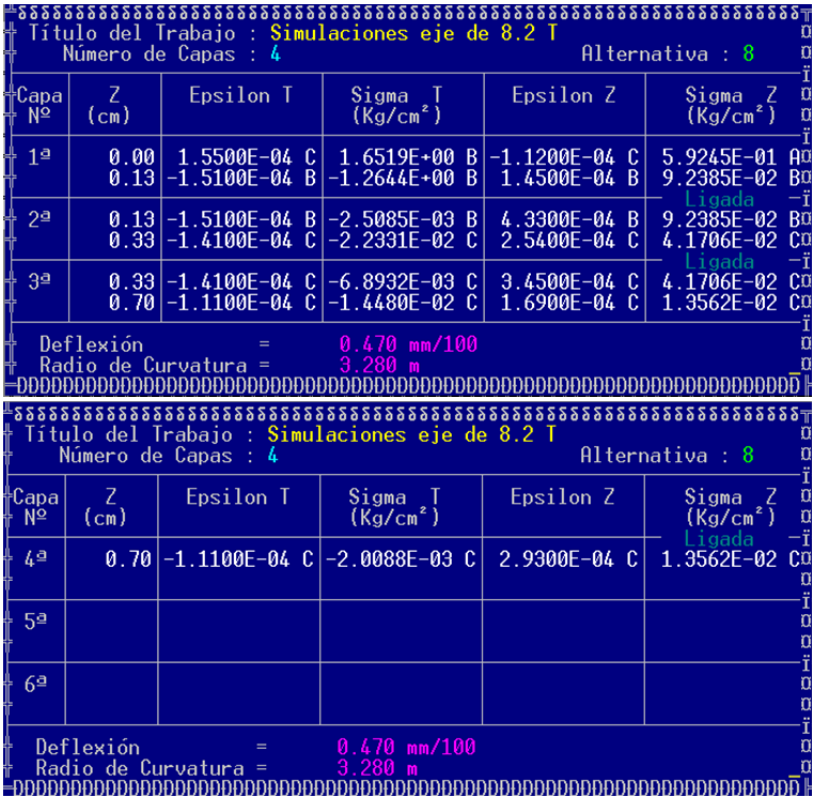


Figura O 16. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura O 17. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.

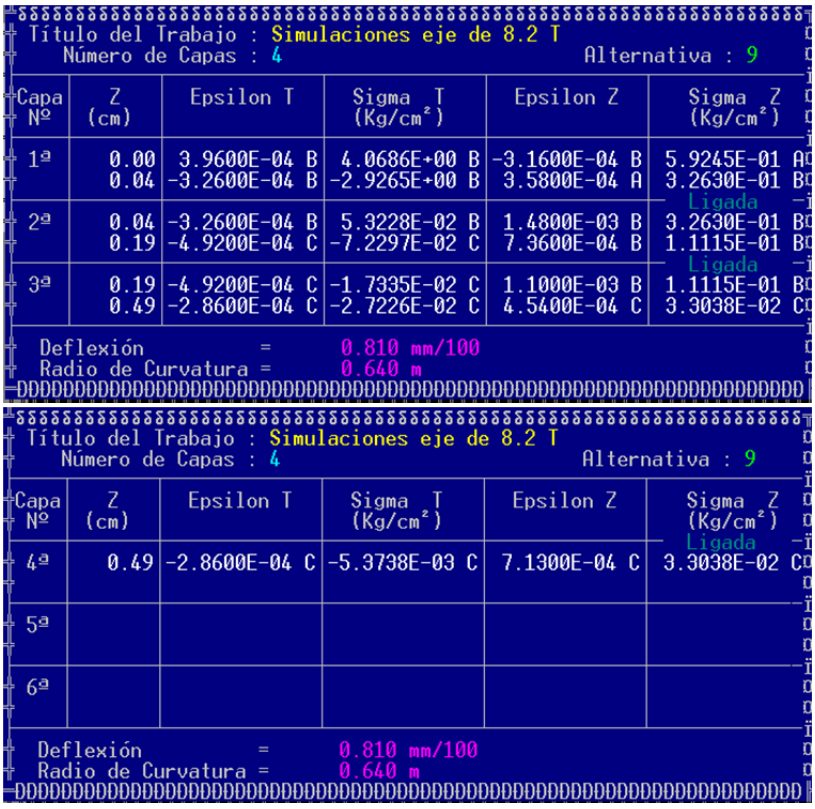


Figura O 18. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura O 19. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.

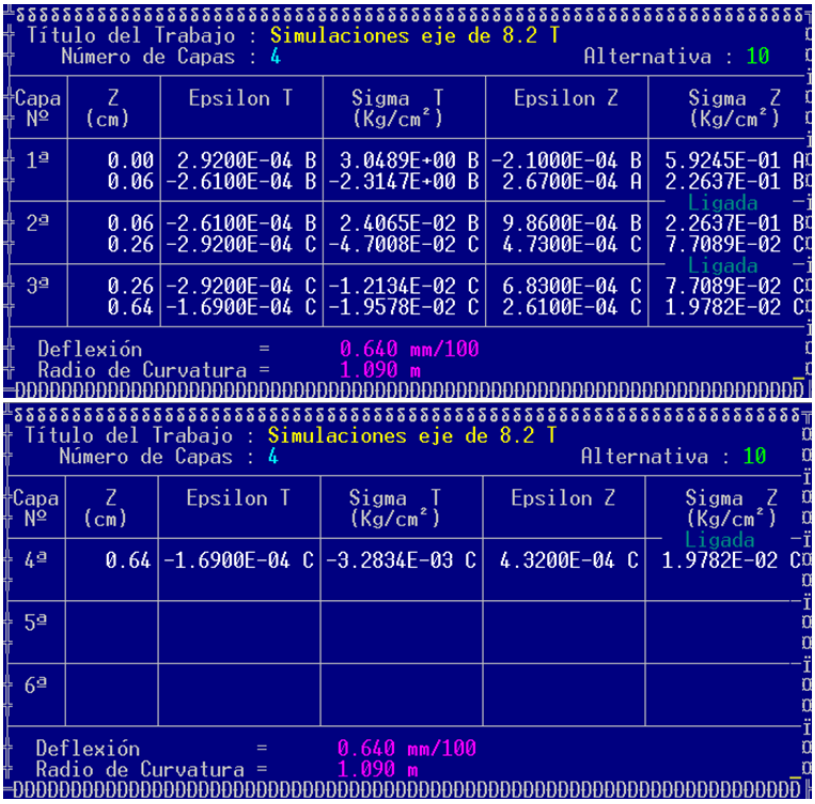


Figura O 20. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura O 21. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.

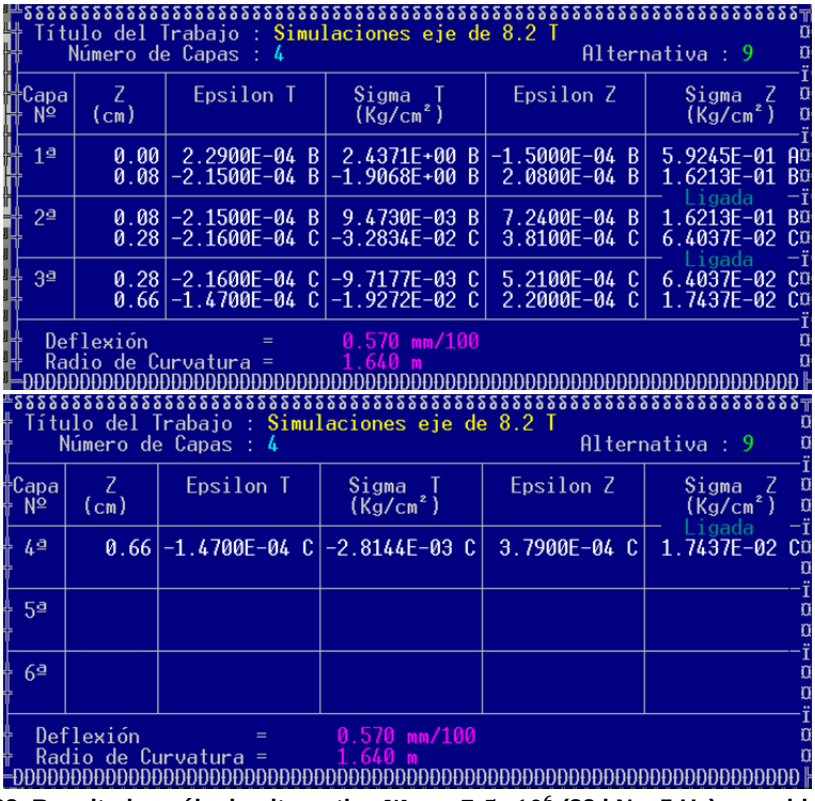


Figura O 22. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura O 23. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.

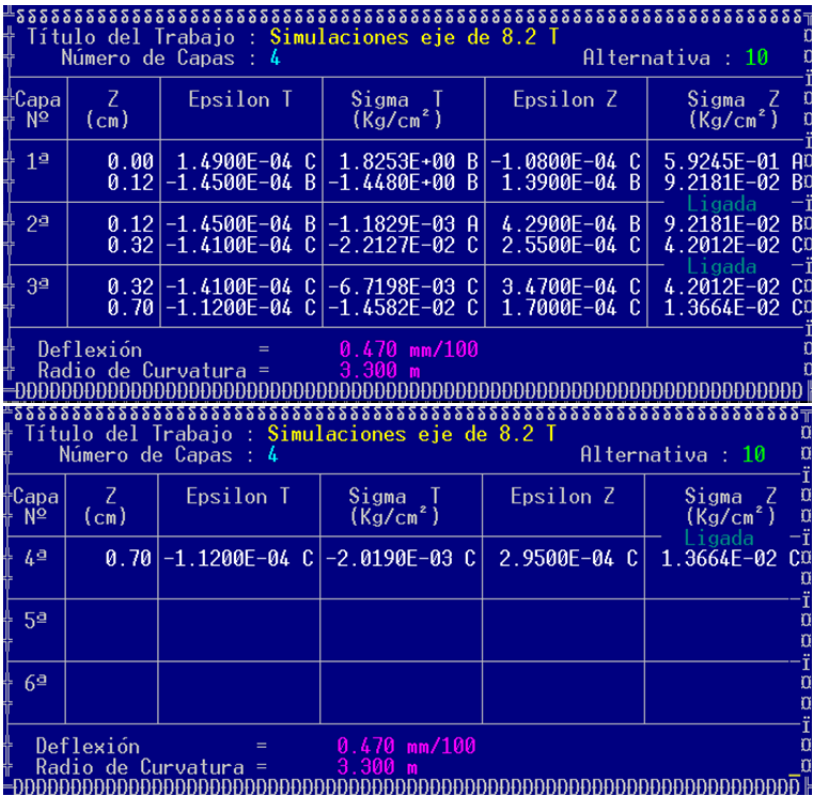


Figura O 24. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (82 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.

ANEXO P. Información simulaciones de estructuras dimensionadas en pavimento flexible variando el espesor de la capa asfáltica, para 130 kN y 5 Hz.



Figura P 1. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.

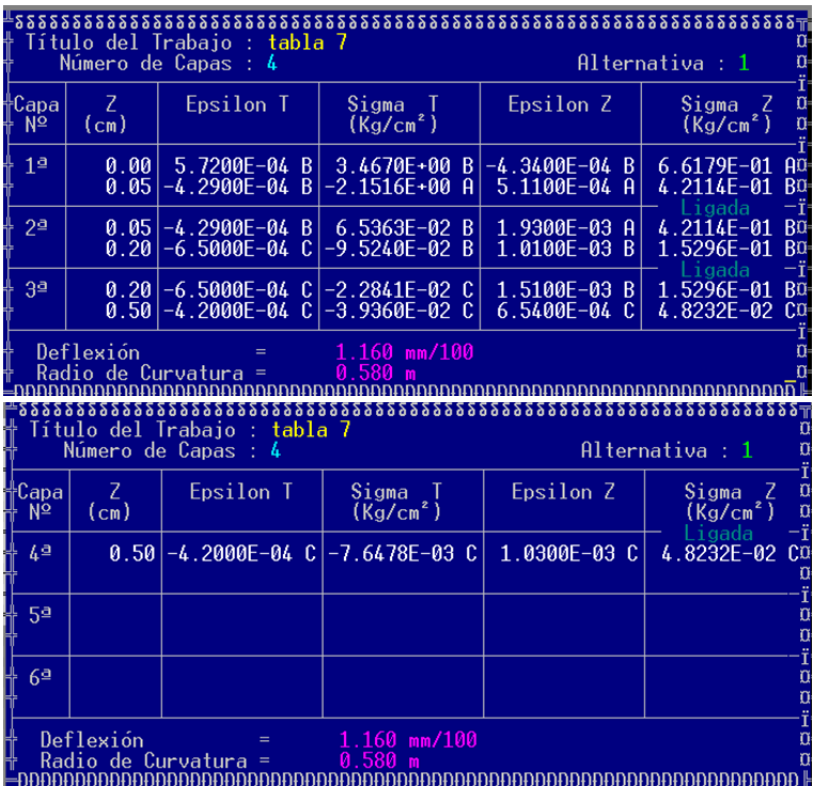


Figura P 2. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura P 3. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.

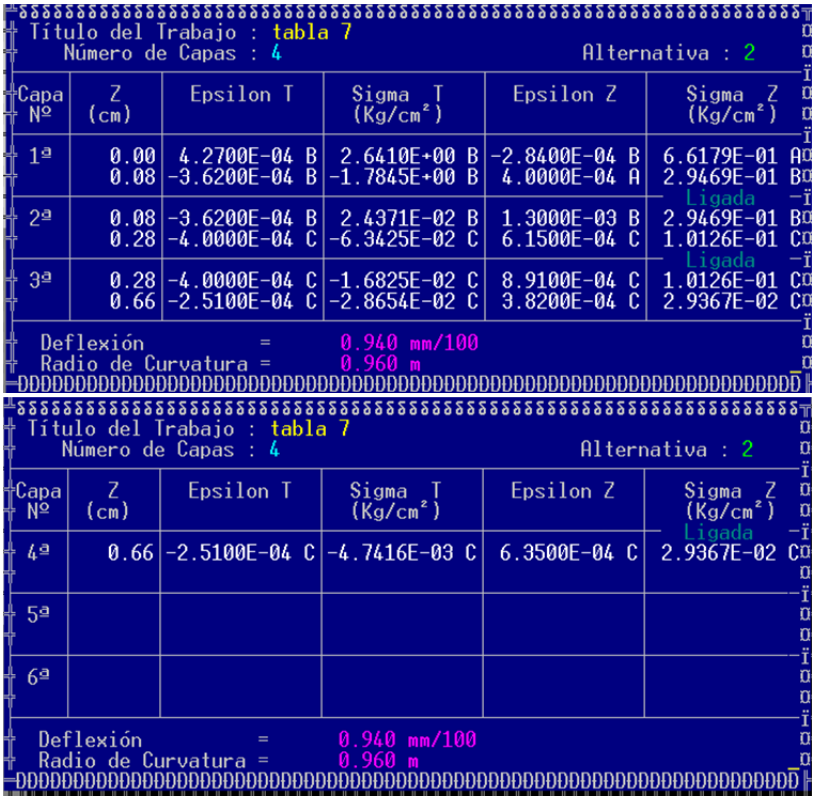


Figura P 4. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura P 5. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.

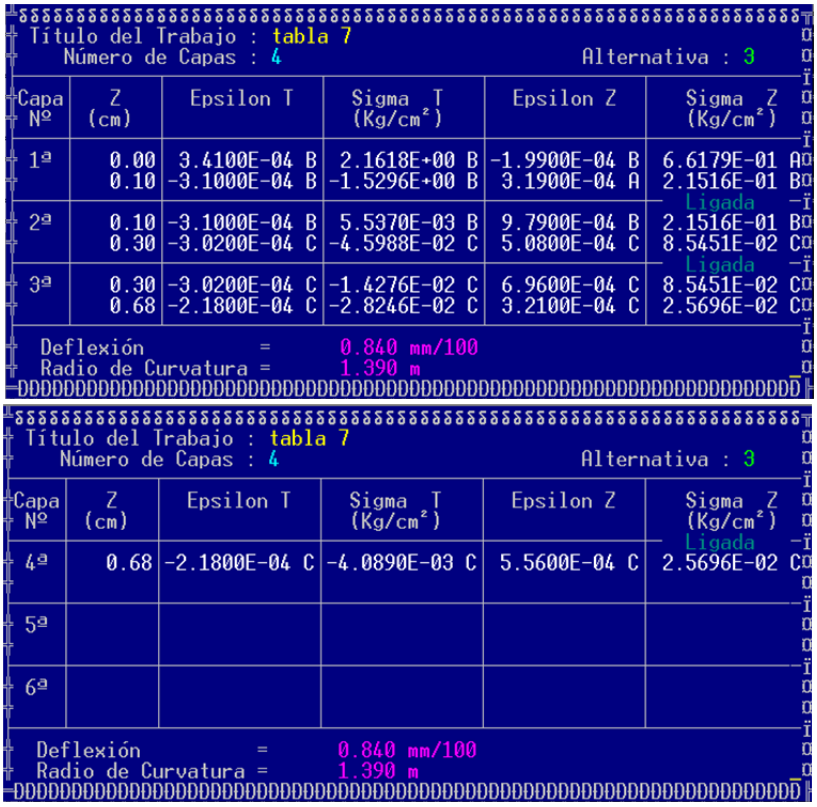


Figura P 6. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura P 7. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.

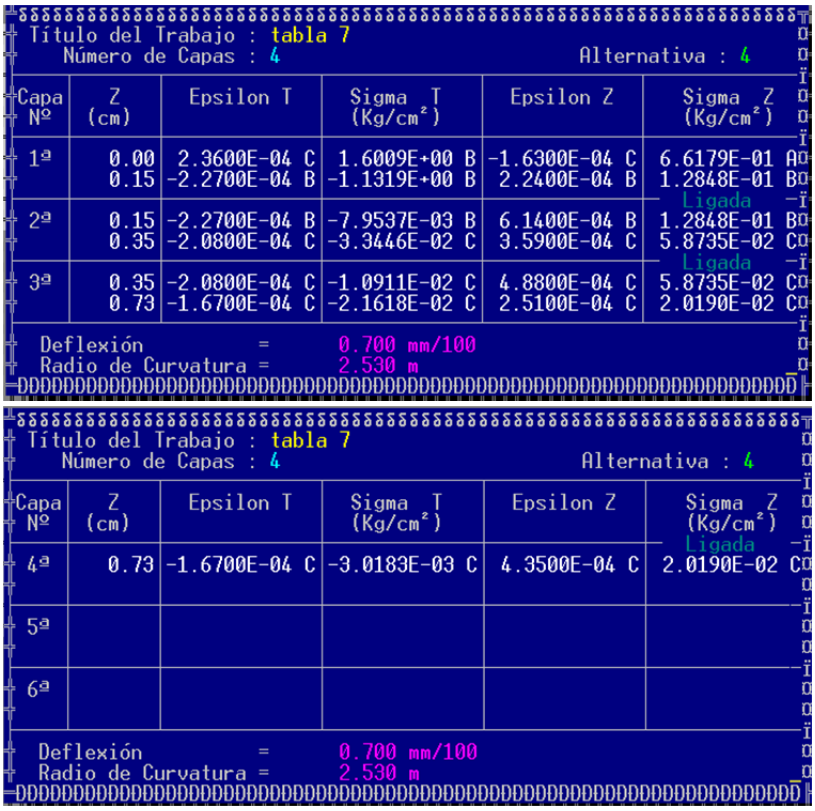


Figura P 8. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías – INVIAS (2008) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura P 9. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.

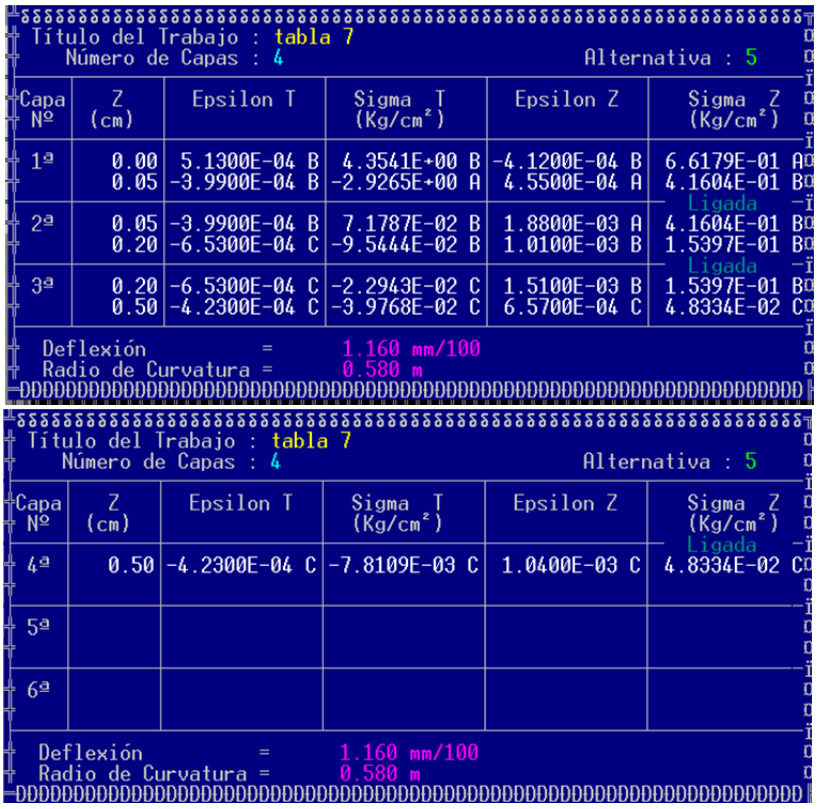


Figura P 10. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura P 11. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.

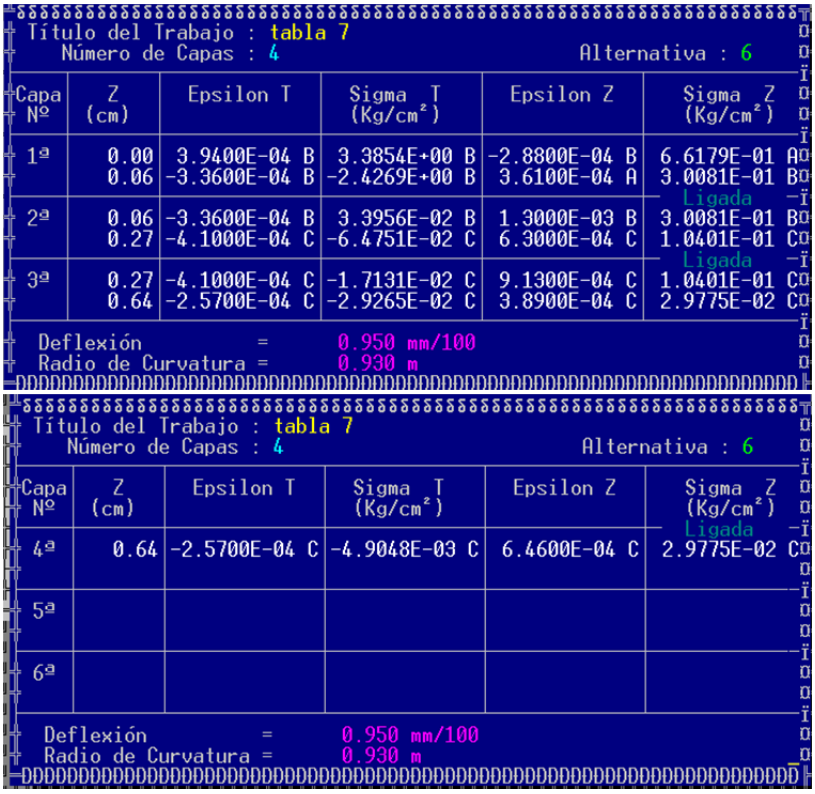


Figura P 12. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura P 13. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.

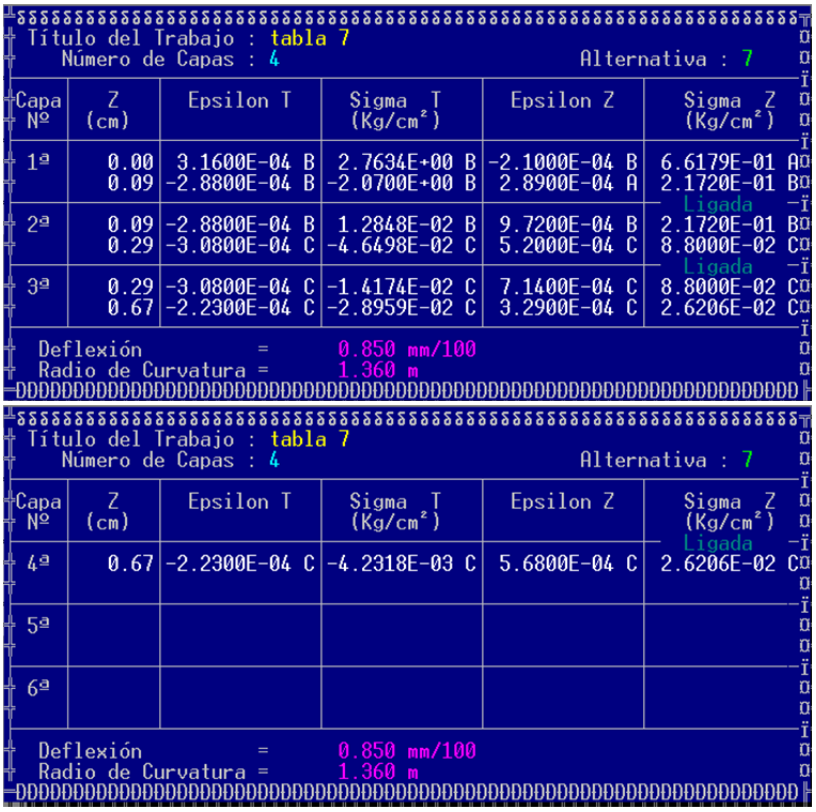


Figura P 14. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura P 15. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.

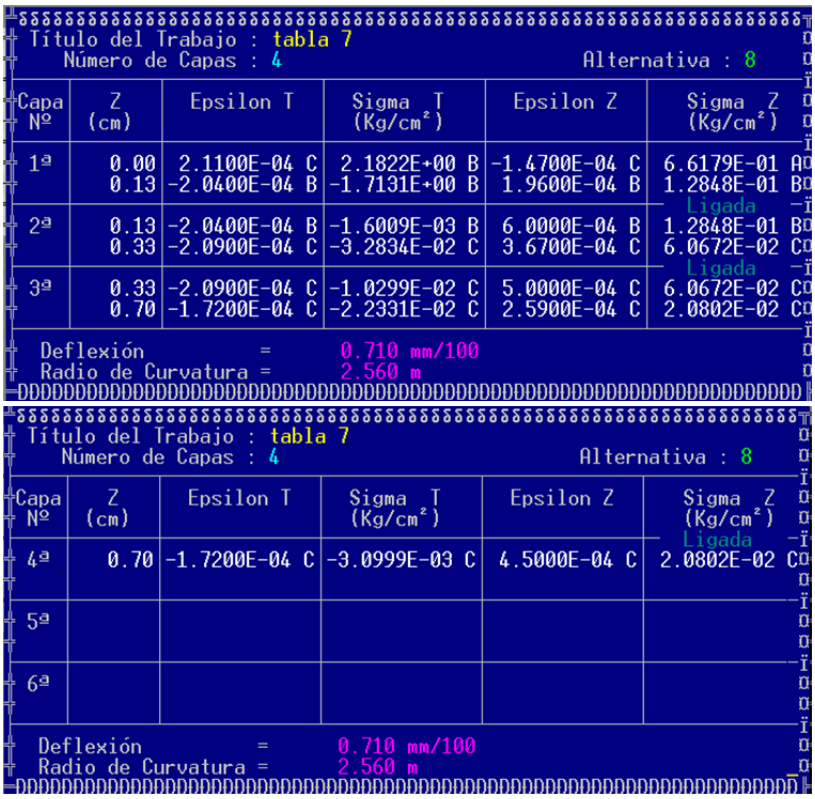


Figura P 16. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2001) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura P 17. Información alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.

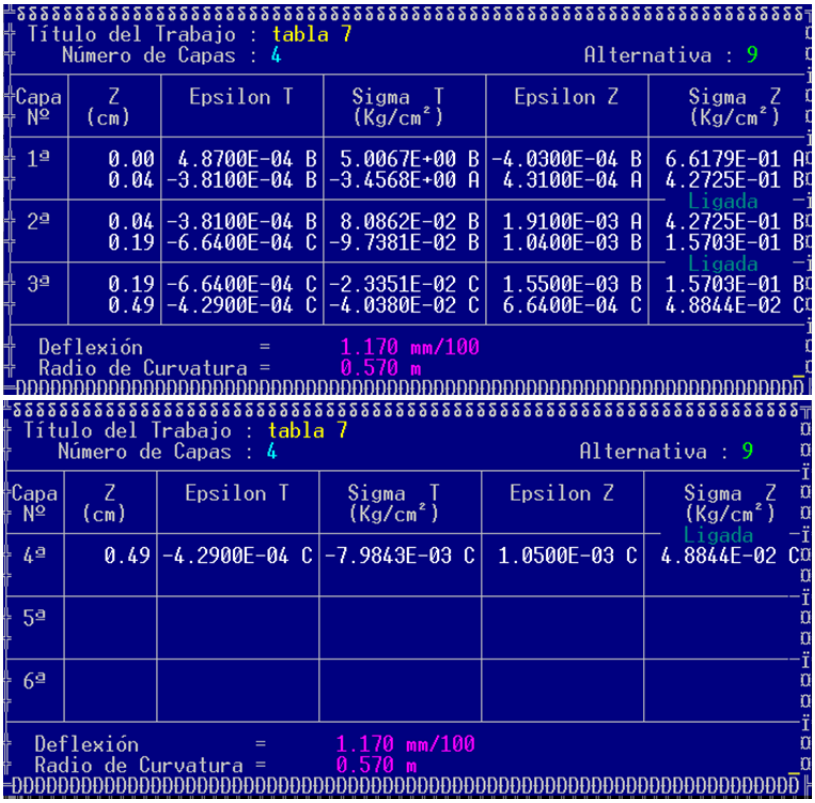


Figura P 18. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 5 \cdot 10^5$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura P 19. Información alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.

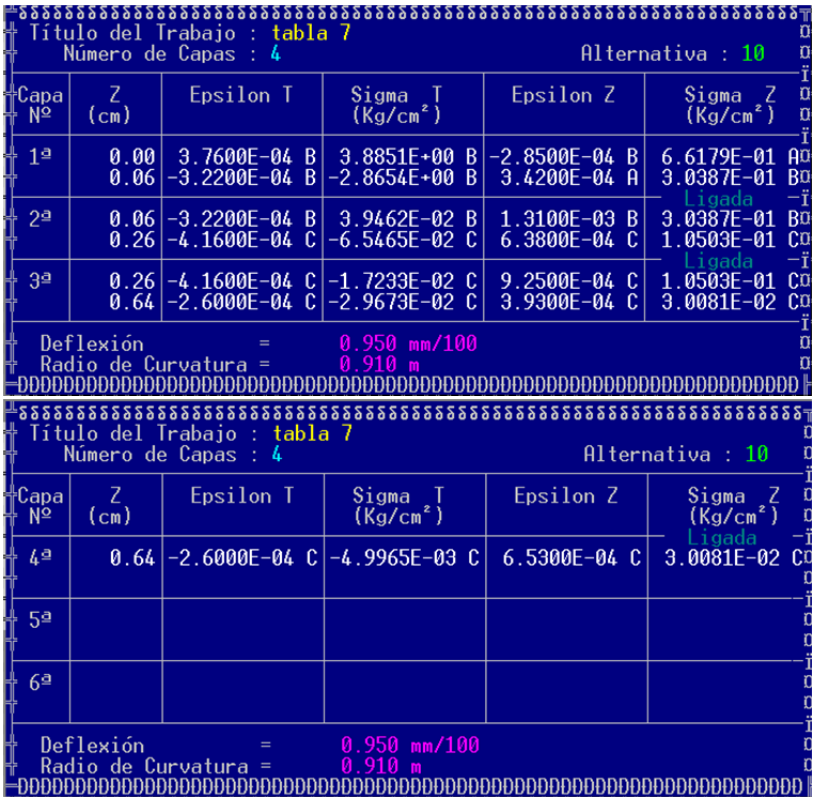


Figura P 20. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 3 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura P 21. Información alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.

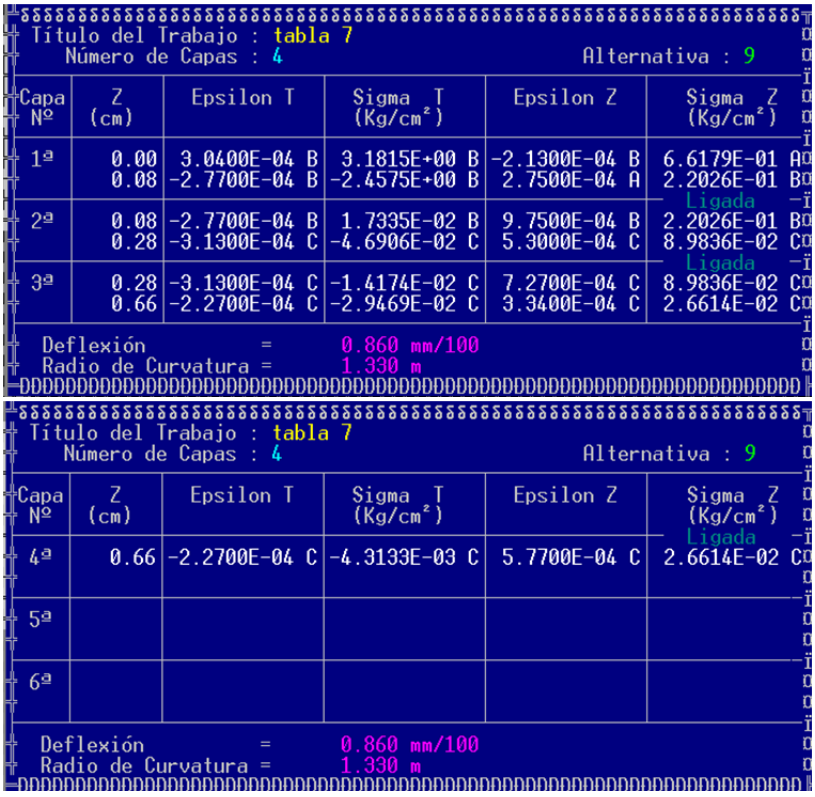


Figura P 22. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 7,5 \cdot 10^6$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.



Figura P 23. Información alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.

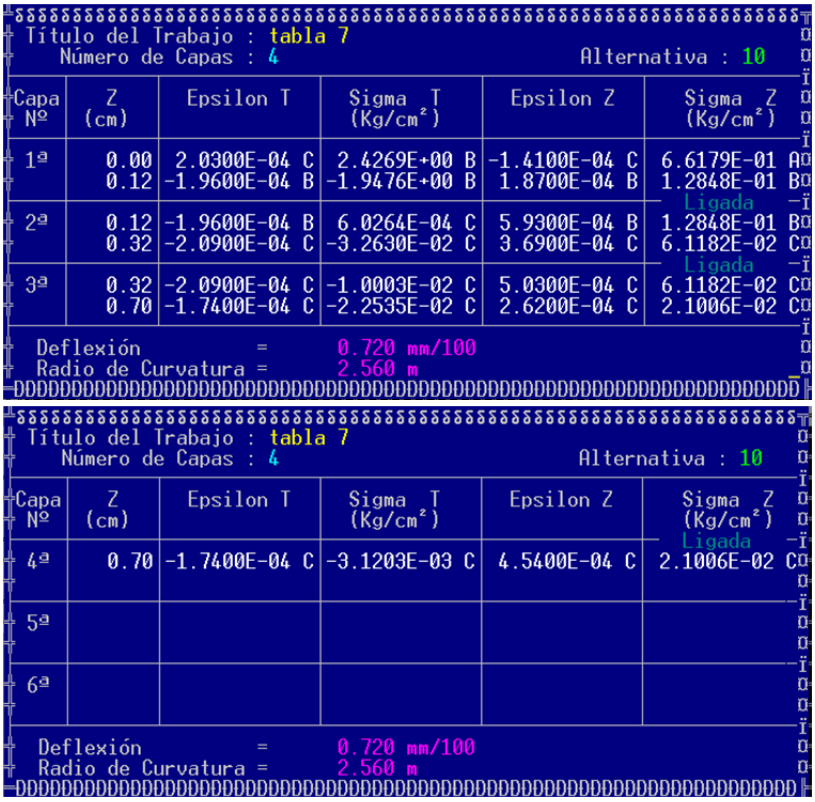


Figura P 24. Resultados cálculo alternativa $W_{18} = 2 \cdot 10^7$ (130 kN y 5 Hz), considerando las propiedades mecánicas propuestas en los documentos técnicos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU (2014) y variando el espesor de la capa asfáltica.

ANEXO Q. Reunión de divulgación de los resultados del estudio



Figura Q 1. Jornada de divulgación de los resultados del estudio



Figura Q 2. Jornada de divulgación de los resultados del estudio



Figura Q 3. Jornada de divulgación de los resultados del estudio



Figura Q 4. Jornada de divulgación de los resultados del estudio



Figura Q 5. Jornada de divulgación de los resultados del estudio



Figura Q 6. Jornada de divulgación de los resultados del estudio



Figura Q 7. Jornada de divulgación de los resultados del estudio



Figura Q 8. Jornada de divulgación de los resultados del estudio

CODIGO:	FORMATO:	VERSION:	ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
FO-IDU-051	LISTADO DE ASISTENCIA	2.0	

EVENTO Y/O TEMA:	SOCIALIZACIÓN CONTRATOS 038 Y 039 DE 2012 ENTRE EL IDU Y LA UNIVERSIDAD JAVERIANA: MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS Y CONVENCIONALES	FECHA	Día	Mes	Año
			27	6	2014

HORA INICIAL:	8:00	HORA FINAL:	10:00	LUGAR:	PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA - EDIFICIO FERNANDO BARON

No.	NOMBRES Y APELLIDOS	No. CEDULA	ENTIDAD Y/O DEPENDENCIA (SIGLA)	EXTENSIÓN	FIRMA	E-MAIL
1	HIBET LASSO TRIGOS	52518219	DTD	1502	[illegible]	hibet.lasso@idu.gov.co
2	Edna Matilde Vallejo G	51920001	OAP	2084	[illegible]	edna.vallejo@idu.gov.co
3	Héctor D. Mora H.	9.341.935	DTC	1660	[illegible]	hector.mora@idu.gov.co
4	JULIÁN D. ALCÁNTAR S.	1049619205	DTD		[illegible]	julian.alcantar@idu.gov.co
5	Camilo Andrés Hernández Fonseca	1049618413	DTD		[illegible]	camilo.hernandez@idu.gov.co
6	Sonia Katherin Hernández Beltrán	1013'580.397	DTD	2527	[illegible]	sonia.hernandez@idu.gov.co
7	Juan Pablo Nieto Mora	79685802	DTE	1973	[illegible]	juan.nieto@idu.gov.co
8	JORGE LUIS BURGOS ROSAS	13271323	DTE	1572	JORGE BURGOS	JORGE.BURGOS@IDU.GOV.CO
9	Hans Nicol's Ramirez Saiona	80'258343	DTP	1243	[illegible]	hans.ramirez@idu.gov.co
10	Diana Patricia Beltrán Cruz	1.019.026.845	DTE	1572	Diana Beltrán	patricia.beltran@idu.gov.co
11	OSCAR ALFREDO TRUJILLO ACOSTA	79956221	STOP	3829	[illegible]	oscar.trujillo@idu.gov.co
12	Jhon Polanco Mendieta	1.032.401.856	DTD		[illegible]	jhon.polanco@idu.gov.co
13	Carlos Arturo Andrade	19215536	S.T.J.E.F.	3913	Carlos Andrade	c.andrade@idu-gov.co
14	Yinna M Urresta M.	1032431226	STMST	—	[illegible]	yinna.urresta@idu.gov.co
15	Verónica Torres Rincón	52'851.93	SGI	1820	[illegible]	elvia.torres@idu.gov.co
16						
17						
18						
19						
20						