

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Criterios para la Estandarización de emulsiones asfálticas para riego de imprimación cumpliendo con las normativas vigentes en el Ecuador

Violeta Stefania Chamorro Arellano
Ingeniería Civil

Trabajo de integración curricular presentado como requisito
para la obtención del título de ingeniera civil

Quito, 05 de diciembre de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍA

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Criterios para la Estandarización de emulsiones asfálticas para riego de imprimación cumpliendo con las normativas vigentes en el Ecuador

Violeta Stefania Chamorro Arellano

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico:

Gustavo Boada, Ingeniero Civil

Firma del profesor:

Quito, 05 de diciembre de 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Violeta Stefania Chamorro Arellano

Código:

00125047

Cédula de identidad:

0401921192

Lugar y fecha:

Quito, 05 de diciembre de 2019

RESUMEN

Las emulsiones asfálticas han sido desarrolladas con el objetivo de resolver dificultades constructivas y simplificar procesos de fabricación y aplicación, convirtiéndose en una alternativa factible técnica y económica. Actualmente, a nivel mundial los asfaltos diluidos han sido reemplazados por las emulsiones asfálticas debido a las grandes ventajas que estas presentan. El proyecto de investigación “Criterios para la Estandarización de emulsiones asfálticas para riego de imprimación cumpliendo con las normativas vigentes en el Ecuador” se desarrolla para comparar y evaluar el uso de las emulsiones asfálticas frente al uso de asfaltos diluidos para riego de imprimación. Se analiza las propiedades de los ligantes bituminosos y agregado en base a las normativas vigentes en el Ecuador. Es importante destacar que en Ecuador el uso de los asfaltos diluidos no ha sido suprimido, por lo que a través de este proyecto se pretende promover su desuso debido al impacto ambiental que éstos generan y su ineficiente comportamiento que afecta en el tiempo de servicio de los pavimentos.

Palabras Clave: riego de imprimación, emulsión asfáltica, asfalto diluido, ligantes bituminosos, agregados.

ABSTRACT

Asphalt emulsions have been developed with the objective of solving constructive difficulties and simplifying manufacturing in application processes, becoming a feasible technical and economic alternative. Currently, globally the diluted asphalts have been replaced by asphalt emulsions due to great advantages. The research project “Criteria for the Standardization of asphalt emulsions for primer irrigation complying with the regulations in force in Ecuador” is developed to compare and evaluate the use of asphalt emulsions against the use of diluted asphalts for primer irrigation. The properties of bituminous binders and aggregates are analyzed based on the regulations in force in Ecuador. It is important to highlight that in Ecuador the use of diluted asphalts has not been suppressed, so this project is intended to promote their disuse due to the environmental impact they generate and their inefficient behavior that affects the service time of the pavements.

Keywords: primer irrigation, asphalt emulsion, diluted asphalt, bituminous binders, aggregates

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1.....	28
1.1. Introducción	28
1.2. Antecedentes	29
1.3. Planteamiento del problema	30
1.4. Objetivos	31
1.4.1. Objetivo General.....	31
1.4.2. Objetivos Específicos.....	31
1.5. Alcances y Limitaciones	32
1.5.1. Alcances.....	32
1.5.2. Limitaciones.....	32
1.6. Justificación.....	32
Capítulo 2.....	34
2.1. Constitución y caracterización general de los pavimentos.....	34
2.1.1. Pavimento	34
2.1.2. Caracterización de un Pavimento	34
2.1.3. Tipos de Pavimentos.....	35
2.1.3.1. Pavimentos Flexibles	35
2.1.3.1.1. Principales funciones de las capas de un pavimento flexible	35
2.1.3.1.2. Pavimentos Semi - Flexibles	37
2.1.3.1.3. Pavimentos Rígidos	38
2.1.3.1.3.1. Principales funciones de las capas de un pavimento rígido.....	38
2.1.3.1.4. Pavimentos Articulado.....	39
2.1.3.1.4.1. Principales funciones de las capas de un pavimento rígido.....	39
2.2. Materiales componentes de una mezcla asfáltica.....	40
2.2.1. Ligantes asfálticos	40
2.2.1.1. Origen de los ligantes asfálticos	41
2.2.1.2. Clasificación y caracterización de los ligantes asfálticos	43
2.2.1.2.1. Clasificación de los ligantes asfálticos	43
2.2.1.2.2. Caracterización de los ligantes asfálticos	44
2.2.1.2.2.1. Propiedades Físicas de los ligantes asfálticos.....	44
2.2.1.2.2.2. Propiedades Químicas de los ligantes asfálticos	48
2.3. Áridos.....	48

2.3.1. Clasificación de los Áridos.....	49
2.3.2. Procedencia de los Áridos	50
2.3.3. Propiedades generales de los áridos	51
2.3.3.1. Propiedades específicas del Árido grueso	51
2.3.3.2. Propiedades específicas del Árido Fino.....	54
2.3.3.3. Esqueleto mineral (Fíller).....	54
2.3.3.3.1. Otros requisitos.....	55
Capitulo 3.....	57
Cemento Asfáltico, Asfalto diluido y Emulsionado	57
3.1. Cemento Asfáltico.....	57
3.1.1. Definición	57
3.1.2. Clasificación	57
3.1.3. Especificaciones y ensayos de calidad para el cemento asfáltico	58
3.1.3.1. MOP – 001F- 2002	59
3.1.3.2. American Association of State Highway and transportation official (AASHTO)	59
3.1.3.3. American Society of Testing Materials (ASTM)	60
3.1.3.4. Instituto Nacional del Vías (INVIAS)	60
3.2. Asfalto diluido.....	61
3.2.1. Definición	61
3.2.2. Clasificación	62
3.2.3. Especificaciones y ensayos de calidad para el asfalto diluido.....	65
3.2.3.1. MOP – 001F- 2002	65
3.2.3.2. American Association of State Highway and transportation official (AASHTO)	68
3.2.3.3. American Society of Testing Materials (ASTM)	69
3.3. Emulsiones asfálticas	71
3.3.1. Definición	71
3.3.2. Componentes de Emulsiones asfálticas	71
3.3.2.1. Ligantes bituminosos	71
3.3.2.2 Emulsificantes o emulgentes	72
3.3.2.3. Agua.....	74
3.3.2.4. Aditivos	74
3.3.3. Tipos de emulsiones Asfálticas	75
3.3.4. Proceso de elaboración de Emulsiones asfálticas.....	76

3.3.5. Propiedades elementales de las Emulsiones	77
3.3.5.1. Estabilidad de las Emulsiones Asfálticas	77
3.3.5.1.1. Ante los áridos	77
3.3.5.1.2. En el Almacenamiento.....	78
3.3.5.2. Adhesividad	79
3.3.5.3. Viscosidad	79
3.3.6. Especificaciones y ensayos de calidad para las emulsiones asfálticas	80
3.3.6.1. MOP – 001F- 2002	80
3.3.6.2. American Association of State Highway and transportation official (AASHTO)	81
3.3.6.3. American Society of Testing Materials (ASTM)	84
Capitulo 4.....	86
Tratamientos Superficiales con riego sin gravilla: Riego de Imprimación.....	86
4.1. Generalidades	86
4.2. Definición del Riego de Imprimación	86
4.3. Importancia del Riego de imprimación.....	87
4.4. Evaluación actual del uso del Riego de Imprimación en el Ecuador	88
4.4.1. Requisitos de los Materiales	88
4.4.1.1. Ligantes Asfálticos	88
4.4.1.2. Agregado de cobertura y Secado.....	88
4.4.1.2.1. Definición	88
4.4.1.2.2. Características Generales.....	89
4.4.2. Equipos	90
4.4.2.1. Barredora Mecánica	90
4.4.2.2. Distribuidor de Asfalto.....	91
4.4.3. Ejecución de trabajos	91
4.4.3.1. Aplicación del material asfáltico.....	91
4.4.3.2. Dotación de los ligantes asfálticos	92
4.4.3.3. Limitaciones en la aplicación.....	92
4.4.3.4. Extensión de Arena sobre el área imprimada.....	93
4.4.3.5. Control de circulación de vehículos	93
4.4.3.6. Medición.....	93
4.4.3.7. Forma de pago	94
Capítulo 5.....	96
5.1. Ensayos en los agregados.....	96

5.1.1.	Gradación.....	96
5.2.	Muestreo de agregado de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM D75-03.....	98
5.2.1.	Alcance	98
5.2.2.	Obtención de muestras	98
5.2.2.1.	Selección de muestras desde un deposito móvil (Banda transportadora)	98
5.2.2.2.	Selección de muestras desde depósitos de almacenaje	99
5.2.3.	Transporte de las muestras.....	99
5.3.	Análisis Granulométrico de los agregados obtenidos de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM C 136	100
5.3.1.	Alcance	100
5.3.2.	Procedimiento	100
5.3.3.	Resultados	101
5.3.3.1.	Grafico Tipo A	101
5.3.3.2.	Grafico Tipo B	103
5.4.	Equivalente de Arena para los agregados obtenidos de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM D 2419-02.....	104
5.4.1.	Alcance	104
5.4.2.	Muestreo	104
5.4.3.	Preparación del equipo.....	105
5.4.4.	Procedimiento	105
5.4.5.	Cálculos.....	106
5.4.6.	Resultados	106
5.5.	Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños de 37.5mm (1/2") por medio de la máquina de los ángeles de agregados obtenidos de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma AASHTO T- 96-02 / INEN 860	106
5.5.1.	Alcance	106
5.5.2.	Procedimiento	106
5.5.3.	Cálculos.....	108
5.5.4.	Resultados	108
5.5.4.1.	Gradación Tipo B	108
5.5.4.2.	Gradación Tipo D.....	109
5.6.	Determinación del límite plástico de los agregados obtenidos de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM D4318-05 / INEN 692	109
5.6.1.	Alcance	109
5.6.2.	Muestreo	109

5.6.3.	Procedimiento	110
5.6.4.	Cálculos.....	110
5.6.5.	Resultados	111
5.7.	Determinación del límite líquido Método Casa Grande de los agregados obtenidos de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma INEN 691	111
5.7.1.	Alcance	111
5.7.2.	Muestreo	111
5.7.3.	Preparación del equipo.....	111
5.7.4.	Procedimiento	112
5.7.5.	Cálculos.....	112
5.7.6.	Resultados	113
5.8.	Determinación Peso Específico y absorción del agregado grueso de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM C127/ INEN 857.....	114
5.8.1.	Alcance	114
5.8.2.	Muestreo	115
5.8.3.	Procedimiento	115
5.8.4.	Cálculos.....	115
5.8.5.	Resultados	117
5.9.	Determinación Peso Específico y absorción del agregado grueso de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM C127/ INEN 857.....	117
5.9.1.	Alcance	117
5.9.2.	Muestreo	117
5.9.3.	Procedimiento Gravimétrico (Picnómetro).....	118
5.9.4.	Cálculos.....	118
5.9.5.	Resultados	119
5.10.	Determinación del Peso Volumétrico y porcentaje de vacíos del agregado de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM C138/ INEN 858	120
5.10.1.	Alcance	120
5.10.2.	Procedimiento por varillado.....	120
5.10.3.	Resultados	122
5.11.	Determinación de la solidez de los agregados de la cantera Naranjo – López usando el sulfato de sodio o magnesio utilizando la Norma ASTM C 88/ INEN 863.....	123
5.11.1.	Alcance	123
5.11.2.	Muestreo	123
5.11.2.1.	Agregado	123
5.11.2.2.	Reactivos	124

5.11.3. Procedimiento	124
5.11.4. Cálculos.....	125
5.11.5. Resultados	126
5.12. Resumen de resultados de los ensayos realizados en de los agregados de la cantera Naranjo – López.....	126
Capítulo 6.....	128
Ensayos en el Ligante	128
6.1. Cemento Asfáltico AC-20.....	128
6.1.2. Composición del cemento asfáltico AC- 20 modificado	128
6.1.3. Determinación de la ductilidad del cemento asfáltico utilizando la norma ASTM D113/ INEN 916.....	129
6.1.3.1. Alcance.....	130
6.1.3.2. Procedimiento.....	130
6.1.3.3. Resultados	131
6.1.3.3.1. AC-20	131
6.1.3.3.2. AC-20 Aditivado	132
6.1.4. Determinación de la penetración de cemento asfáltico utilizando la norma ASTM D5/ INEN 917.....	132
6.1.4.1. Alcance.....	132
6.1.4.2. Procedimiento.....	132
6.1.4.3. Resultados	134
6.1.4.3.1. AC-20	134
6.1.4.3.2. AC-20 Aditivado	134
6.1.5. Punto de reblandecimiento método anillo y bola del cemento asfáltico utilizando la norma ASTM D36/ INEN 920	135
6.1.5.1. Alcance.....	135
6.1.5.2. Procedimiento.....	135
6.1.5.3. Resultados	136
6.1.5.3.1. AC-20	136
6.1.5.3.2. AC-20 Aditivado	137
6.1.6. Punto de inflamación de copa abierta Cleveland empleando la norma ASTM D93-11/INEN 808	137
6.1.6.1. Alcance.....	137
6.1.6.2. Procedimiento.....	137
6.1.6.3. Resultados	138
6.1.6.3.1. AC-20	138

6.1.6.3.2. AC-20 Aditivado	139
6.1.7. Ensayo de la Mancha sobre cemento asfáltico empleando la norma AASHTO T-102-83	139
6.1.7.1. Alcance.....	139
6.1.7.2. Procedimiento.....	139
6.1.7.3. Resultados	141
6.1.7.3.1. AC-20	141
6.1.7.3.2. AC-20 Aditivado	142
6.1.8. Densidad relativa por el método del picnómetro de cemento asfáltico empleando la norma ASTM D70-08/ INEN 922.....	142
6.1.8.1. Alcance.....	142
6.1.8.2. Procedimiento.....	142
6.1.8.3. Cálculos.....	144
6.1.8.4. Resultados	144
6.1.8.4.1. AC-20	144
6.1.8.4.2. AC-20 Aditivado	145
6.1.9. Viscosidad Absoluta a 60°C utilizando el viscosímetro de brookfield de cemento asfáltico empleando la norma ASTM D2171	145
6.1.9.1. Alcance.....	145
6.1.9.2. Procedimiento.....	145
6.1.9.3. Cálculos.....	146
6.1.9.4. Resultados	146
6.1.9.4.2. AC-20 Aditivado	146
6.1.10. Viscosidad cinemática a 135°C utilizando el viscosímetro de brookfield de cemento asfáltico empleando la norma ASTM D2170	147
6.1.10.1. Alcance.....	147
6.1.10.2. Procedimiento.....	147
6.1.10.3. Cálculos.....	148
6.1.10.4. Resultados	148
6.1.10.4.1. AC-20	148
6.1.10.4.2. AC-20 Aditivado	149
6.1.11. Variación de masa por calentamiento en materiales bituminosos empleando la norma ASTM D6/INEN 924	150
6.1.11.1. Alcance.....	150
6.1.11.2. Procedimiento.....	150
6.1.11.3. Cálculos.....	150

6.1.11.4. Resultados	151
6.1.11.4.1. AC-20	151
6.1.11.4.2. AC-20 Aditivado	151
6.1.12. Determinación de la ductilidad en el asfalto envejecido utilizando la norma ASTM D113/ INEN 916.....	152
6.1.12.1. Alcance.....	152
6.1.12.2. Procedimiento.....	152
6.1.12.3. Resultados	153
6.1.12.3.1. AC-20 Envejecido	153
6.1.12.3.2. AC-20 Aditivado Envejecido	153
6.1.13. Determinación de la penetración en el asfalto envejecido utilizando la norma ASTM D5/ INEN 918.....	153
6.1.13.1. Alcance.....	154
6.1.13.2. Procedimiento.....	154
6.1.13.3. Resultados	154
6.1.13.3.1. AC-20 Envejecido	154
6.1.13.3.2. Aditivado Envejecido	155
6.1.14. Viscosidad Absoluta a 60°C utilizando el viscosímetro de brookfield del asfalto envejecido empleando la norma ASTM 2171	155
6.1.14.1. Alcance.....	155
6.1.14.2. Procedimiento.....	155
6.1.14.3. Cálculos.....	156
6.1.14.4. Resultados	156
6.1.14.4.1. AC-20 Envejecido	156
6.1.14.4.2. AC-20 Aditivado Envejecido	156
6.1.15. Punto de reblandecimiento método anillo y bola del asfalto envejecido utilizando la norma ASTM D36/ INEN 920	157
6.1.15.1. Alcance.....	157
6.1.15.2. Procedimiento.....	157
6.1.15.3. Resultados	158
6.1.15.3.2. AC-20 Aditivado Envejecido	158
6.1.16. Residuo de penetración específica empleando la norma ASTM D243/INEN 918	159
6.1.16.1. Alcance.....	159
6.1.16.2. Cálculos.....	159
6.1.16.3. Resultados	159

6.1.16.3.1.	AC-20 Envejecido	159
6.1.16.3.2.	AC-20 Aditivado Envejecido	160
6.1.17.	Índice de penetración empleando la norma ASTM D5	160
6.1.17.1.	Alcance.....	160
6.1.17.2.	Cálculos.....	161
6.1.17.3.	Resultados	161
6.1.17.3.1.	AC-20	161
6.1.17.3.2.	AC-20 Aditivado	161
6.2.	Emulsiones Asfálticas	165
6.2.1.	Composición de las Emulsiones asfálticas	165
6.2.2.	Viscosidad Saybold Furol a 25°C de Emulsiones asfálticas empleando la norma ASTM D244/ INEN 1981.....	167
6.2.2.1.	Alcance.....	167
6.2.2.2.	Procedimiento.....	167
6.2.2.3.	Resultados	169
6.2.2.3.1.	Emulsión normal CSS-1h.....	169
6.2.2.3.2.	Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h	169
6.2.3.	Asentamiento de las emulsiones asfálticas a los 5 empleando la norma ASTM D6930/INEN909.....	170
6.2.3.1.	Alcance.....	170
6.2.3.2.	Procedimiento.....	170
6.2.3.3.	Cálculos.....	172
6.2.3.4.	Resultados	172
6.2.3.4.1.	Emulsión Normal CSS-1h.....	172
6.2.3.4.2.	Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h	173
6.2.4.	Estabilidad de almacenamiento de las emulsiones asfálticas empleando la norma ASTM D6930/INEN909	173
6.2.4.1.	Alcance.....	173
6.2.4.2.	Procedimiento.....	174
6.2.4.3.	Cálculos.....	174
6.2.4.4.	Resultados	175
6.2.4.4.1.	Emulsión Normal CSS-1h.....	175
6.2.4.4.2.	Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h	175
6.2.5.	Carga de las partículas de emulsiones asfálticas empleando la norma ASTM D244	176
6.2.5.1.	Alcance.....	176

6.2.5.2.	Procedimiento.....	176
6.2.5.3.	Resultados	177
6.2.5.3.1.	Emulsión Normal CSS-1h.....	177
6.2.5.3.2.	Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h	177
6.2.6.	Ensayo de mezclado con cemento empleando la norma ASTM D6935/INEN 904	178
6.2.6.1.	Alcance.....	178
6.2.6.2.	Procedimiento.....	178
6.2.6.3.	Cálculos.....	180
6.2.6.4.	Resultados	180
6.2.6.4.1.	Emulsión Normal CSS-1h.....	180
6.2.6.4.2.	Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h	180
6.2.7.	Ensayo de tamizado en emulsiones asfálticas empleando la norma ASTM D6933/INEN 906.....	181
6.2.7.1.	Alcance.....	181
6.2.7.2.	Procedimiento.....	181
6.2.7.3.	Cálculos.....	181
6.2.7.4.	Resultados	182
6.2.7.4.1.	Emulsión Normal CSS-1h.....	182
6.2.7.4.2.	Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h	183
6.2.8.	Residuo por evaporación de las emulsiones asfálticas empleando la norma INEN 905.....	183
6.2.8.1.	Alcance.....	183
6.2.8.2.	Procedimiento.....	184
6.2.8.3.	Cálculos.....	184
6.2.8.4.	Resultados	184
6.2.8.4.1.	Emulsión Normal CSS-1h.....	184
6.2.8.4.2.	Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h	185
6.2.9.	Determinación de la ductilidad en el residuo de la emulsión asfáltica utilizando la norma ASTM D113/ INEN 916	185
6.2.9.1.	Alcance.....	185
6.2.9.2.	Procedimiento.....	186
6.2.9.3.	Resultados	187
6.2.9.3.1.	Residuo de la Emulsión Normal CSS-1h.....	187
6.2.9.3.2.	Residuo de la Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h	187

6.2.10. Determinación de la penetración sobre el residuo de emulsión asfáltica utilizando la norma ASTM D5/ INEN 917	188
6.2.10.1. Alcance.....	188
6.2.10.2. Procedimiento.....	188
6.10.3. Resultado.....	189
6.10.3.1. Residuo de la Emulsión Normal CSS-1h	189
6.2.10.3.2. Residuo de la Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h....	189
6.2.11. Punto de reblandecimiento método anillo y bola sobre el residuo de la emulsión asfáltica utilizando la norma ASTM D36/ INEN 920	190
6.2.11.1. Alcance.....	190
6.2.11.2. Procedimiento.....	190
6.2.11.3. Resultado.....	191
6.2.11.3.1. Residuo de la Emulsión Normal CSS-1h	191
6.2.11.3.2. Residuo de la Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h....	192
6.3. Asfalto Diluido.....	195
6.3.1. Viscosidad Cinemática a 60°C utilizando el viscosímetro de brookfield de asfalto diluido RC-250 empleando la norma ASTM D2171	195
6.3.1.1. Alcance.....	195
6.3.1.2. Procedimiento.....	195
6.3.1.3. Resultados	196
6.3.1.3.1. RC-250	196
6.3.2. Viscosidad Saybold Furol a 60°C de Asfalto diluido RC-250 empleando la norma ASTM D244/ INEN 1981	197
6.3.2.1. Alcance.....	197
6.3.2.2. Procedimiento.....	197
6.3.2.3. Resultados	198
6.3.2.3.1. RC-250	198
6.3.3. Punto de inflamación de copa abierta de Cleveland empleando la norma ASTM D93-11/INEN 1493	198
6.3.3.1. Alcance.....	198
6.3.3.2. Procedimiento.....	198
6.3.3.3. Resultados	199
6.3.3.3.1. RC-250	199
6.3.4. Residuo por destilación de asfalto diluido RC-250 empleando la norma ASTM E1/ INEN 921	199
6.3.4.1. Alcance.....	199

6.3.4.2.	Procedimiento.....	199
6.3.4.3.	Cálculos.....	200
6.3.4.4.	Resultados	200
6.3.4.4.1.	RC-250	200
6.3.5.	Viscosidad Absoluta a 60°C utilizando el viscosímetro de brookfield de RC-250 empleando la norma ASTM D2171	201
6.3.5.1.	Alcance.....	201
6.3.5.2.	Procedimiento.....	201
6.3.5.3.	Cálculos.....	201
6.3.5.4.	Resultados	202
6.3.5.4.1.	RC-250	202
6.3.6.	Determinación de la ductilidad sobre el residuo de asfalto diluido RC-250 utilizando la norma ASTM D113/ INEN 916	202
6.3.6.1.	Alcance.....	202
6.3.6.2.	Procedimiento.....	202
6.3.6.3.	Resultados	204
6.3.6.3.1.	RC-250	204
6.3.7.	Determinación de la penetración sobre el residuo de asfalto diluido de RC-250 utilizando la norma ASTM D5/ INEN 917	204
6.3.7.1.	Alcance.....	204
6.3.7.2.	Procedimiento.....	204
6.3.7.3.	Resultados	205
6.3.7.3.1.	RC-250	205
6.3.8.	Resumen de resultados para el asfalto diluido RC-250	206
Capítulo 7.....		207
7.1.	Análisis comparativo AC-aditivado y RC-250 para de riego de imprimación	207
7.1.1.	Metodología	207
7.1.2.	Descripción de los ensayos	207
7.1.2.1.	Ensayo de penetración sobre RC-250 y AC-20 Aditivado a 4°C	207
7.1.2.2.	Significado	207
7.1.2.3.	Procedimiento.....	207
7.1.2.4.	Resultados	208
7.1.2.4.1.	RC-250	208
7.1.2.4.2.	AC-20 Aditivado para riego de imprimación.....	210
7.1.2.5.	Análisis de resultados.....	211

7.1.3.	Ensayo de ductilidad sobre una probeta de RC-250 y AC-20 Aditivado a 4°C	211
7.1.3.1.	Significado	211
7.1.3.2.	Procedimiento.....	212
7.1.3.3.	Resultados	212
7.1.3.3.1.	RC-250	212
7.1.3.3.2.	AC-Aditivado para riego de imprimación.....	214
7.1.3.4.	Análisis de resultados.....	214
7.1.4.	Ensayo de punto de reblandecimiento anillo y bola sobre una probeta de RC-250 y AC-20 Aditivado a 4°C	215
7.1.4.1.	Significado	215
7.1.4.2.	Procedimiento.....	215
7.1.4.3.1.	RC-250	215
7.1.4.3.2.	AC-20 Aditivado para riego de imprimación.....	217
7.1.4.4.	Análisis de resultados.....	218
7.1.5.	Viscosidad Absoluta a 60°C utilizando el viscosímetro de brookfield RC-250 y AC-20 Aditivado	218
7.1.5.1.	Significado	218
7.1.5.2.	Procedimiento.....	218
7.1.5.3.	Resultados	219
7.1.5.3.1.	RC-250	219
7.1.5.3.2.	AC – 20 Aditivado para riego de imprimación	219
7.1.5.4.	Análisis de resultados.....	220
7.2.	Aplicación de Emulsión asfáltica (Emulprimer), RC-250 y Emulsión asfáltica normal (CHOVA) empleada actualmente como riego de imprimación en el Ecuador.....	220
7.2.1.	Metodología	220
7.2.2.	Construcción de Briquetas	220
7.2.3.	Tasas de riego de imprimación sobre briquetas.....	222
7.2.4.	Aplicación de Emulsión asfáltica (Emulprimer), RC-250 y Emulsión asfáltica normal (CHOVA) sobre las briquetas de base clase I.....	223
7.2.4.1.	Aplicación directa sin humectación de la briqueta Emulsión asfáltica (Emulprimer), RC-250 y Emulsión asfáltica normal (CHOVA).....	223
7.2.4.1.1.	Resultados	224
7.2.4.1.1.1.	RC-250.....	224
7.2.4.1.1.2.	EMULPRIMER.....	225
7.2.4.1.1.3.	Emulsión Normal CHOVA	226

7.2.4.2. Aplicación con humectación de la briqueta y disolución de la Emulsión asfáltica (Emulprimer), RC-250 y Emulsión asfáltica normal (CHOVA)	227
7.2.4.2.1. Resultados	227
7.2.4.2.1.1. RC-250 diluido	227
7.2.4.2.1.2. EMULPRIMER diluida.....	228
7.2.4.2.1.3. Emulsión Normal CHOVA	229
7.2.5. Análisis de ventajas y desventajas de la emulsión y el asfalto diluido para riego de imprimación.....	230
7.2.5.1. Ventajas del uso de emulsiones para riego de imprimación	230
7.2.5.2. Desventajas del uso de emulsiones para riego de imprimación	231
7.2.5.3. Desventajas del uso de RC-250 para riego de imprimación	231
7.2.5.3.1. Problemas de Ambientales	231
7.2.5.3.2. Problemas en la Salud	232
7.2.5.3.3. Riesgo de incendio	232
Capitulo 8.....	233
Conclusiones y recomendaciones	233
8.1. Conclusiones	233
8.2. Recomendaciones.....	235
Referencias Bibliográficas	236

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación y Equivalencia entre el grado de penetración y grado de viscosidad ..	58
Tabla 2. Especificaciones técnicas MOP-001F-2002 Cemento asfáltico	59
Tabla 3. Especificaciones técnicas AASHTO M 20-70 Cemento asfáltico.....	59
Tabla 4. Especificaciones técnicas ASTM D 946-82 Cemento asfáltico	60
Tabla 5. Especificaciones técnicas INVIAS ART.410-13 Cemento asfáltico.....	61
Tabla 6. Clasificación y Aplicación de los Asfaltos diluidos de curado rápido	62
Tabla 7. Clasificación y Aplicación de los Asfaltos diluidos de curado medio	63
Tabla 8. Clasificación de los Asfaltos diluidos de curado lento	64
Tabla 9. Especificaciones Técnicas MOP 001F-2002 Asfalto Diluido / Curado Rápido.....	66
Tabla 10. Especificaciones Técnicas MOP 001F-2002 Asfalto Diluido / Curado Lento.....	67
Tabla 11. Especificaciones Técnicas AASHTO M 81-92 Asfalto Diluido / Curado Rápido...	68
Tabla 12. Especificaciones Técnicas AASHTO M 82-75 Asfalto Diluido / Curado medio	69
Tabla 13. Especificaciones Técnicas ASTM D2026-27 Asfalto Diluido / Curado Lento.....	69
Tabla 14. Especificaciones Técnicas ASTM D2027-10 Asfalto Diluido / Curado medio	70
Tabla 15. Especificaciones Técnicas ASTM D2028-9 Asfalto Diluido / Curado rápido.....	70
Tabla 16. Especificaciones Técnicas MOP 001F-2002 Emulsiones Asfálticas Aniónicas	80
Tabla 17. Especificaciones Técnicas MOP 001F-2002 Emulsiones Asfálticas Catiónicas.....	81
Tabla 18. Especificaciones Técnicas AASHTO M140-03 Emulsiones asfálticas aniónicas....	81
Tabla 19. Especificaciones Técnicas AASHTO M208-01 Emulsiones asfáltica catiónicas	83
Tabla 20. Especificaciones Técnicas ASTM D 977 -05 Emulsiones asfáltica aniónicas	84
Tabla 21. Especificaciones Técnicas ASTM D 2397 -05 Emulsiones asfáltica catiónicas	85
Tabla 22. Granulometría para capa de sellado	89
Tabla 23. Exigencia de calidad para el agregado de la capa de sellado.....	90
Tabla 24. Dosificación de los ligantes asfálticos	92
Tabla 25. Factores de corrección de temperatura del ligante asfáltico	94
Tabla 26. Rubros de pago y designación	95
Tabla 27. Límites granulométricos para base clase I.....	96
Tabla 28. Especificaciones técnicas para los agregados de la base clase I.....	97
Tabla 29. Resultados Análisis Mecánico – Granulometría promedio	
Base Granular Clase I	101
Tabla 30. Resultados de la Gradación Tipo A Base clase I	102
Tabla 31. Resultados Gradación Tipo B Base clase I.....	103
Tabla 32. Resultados del equivalente de arena promedio.....	106
Tabla 33. Gradación y masa de las muestras de ensayo	107
Tabla 34. Especificaciones para la carga	107
Tabla 35. Resultados Gradación Tipo B – Máquina de los ángeles	109
Tabla 36. Resultados Gradación Tipo B – Máquina de los ángeles	109
Tabla 37. Resultados de la determinación del límite líquido.....	113
Tabla 38. Resultados de los límites de Atterberg	114
Tabla 39. Masa mínima del espécimen.....	115
Tabla 40. Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso	117
Tabla 41. Resultados del peso específico y absorción del agregado fino	120
Tabla 42. Resultados del peso volumétrico - Grava	122
Tabla 43. Resultados del porcentaje de vacíos	123

Tabla 44. Secuencia de tamices para agregado fino	124
Tabla 45. Resultados del porcentaje de desgaste ante los sulfatos	126
Tabla 46. Resumen de resultados de los ensayos realizados en de los agregados de la cantera Naranjo – López.....	126
Tabla 47. Composición de cemento asfáltico AC-20 Modificado.....	128
Tabla 48. Resultados de la ductilidad sobre el asfalto original AC-20.....	131
Tabla 49. Resultados de la ductilidad sobre el asfalto aditivado AC-20	132
Tabla 50. Resultados de la penetración sobre asfalto original AC-20	134
Tabla 51. Resultados de la penetración sobre el asfalto aditivado AC-20.....	134
Tabla 52. Resultados de punto de reblandecimiento sobre el asfalto original AC-20	136
Tabla 53. Resultados punto de reblandecimiento sobre el asfalto aditivado AC-20	137
Tabla 54. Resultados de punto de inflamación sobre el asfalto original AC-20.....	139
Tabla 55. Resultados punto de inflamación sobre el asfalto aditivado AC-20.....	139
Tabla 56. Resultados Ensayo de la mancha sobre el asfalto original AC-20	141
Tabla 57. Ensayo de la mancha sobre el asfalto aditivado AC-20.....	142
Tabla 58. Resultados de densidad relativa sobre el asfalto original AC-20	144
Tabla 59. Resultados de densidad Relativa sobre el asfalto aditivado AC-20.....	145
Tabla 60. Resultados de la viscosidad Absoluta a 60°C sobre el asfalto original AC-20	146
Tabla 61. Resultados de la viscosidad Absoluta a 60°C sobre el asfalto aditivado AC-20....	147
Tabla 62. Resultados de la viscosidad cinemática 135°C sobre el asfalto original AC-20	149
Tabla 63. Resultados de viscosidad cinemática a 135°C sobre el asfalto aditivado AC-20...	149
Tabla 64. Resultados de la Variación de la masa sobre el asfalto original AC-20	151
Tabla 65. Resultados de la Variación de la masa sobre el asfalto aditivado AC-20.....	151
Tabla 66. Resultados de la ductilidad sobre el asfalto envejecido AC-20.....	153
Tabla 67. Resultados de la ductilidad sobre el asfalto aditivado envejecido AC-20.....	153
Tabla 68. Resultados de la penetración sobre el asfalto envejecido AC-20	154
Tabla 69. Penetración sobre el asfalto aditivado envejecido AC-20	155
Tabla 70. Resultados de la viscosidad Absoluta a 60°C sobre el asfalto envejecido AC-20 .	156
Tabla 71. Resultados de la viscosidad Absoluta a 60°C sobre el asfalto aditivado envejecido AC-20.....	157
Tabla 72. Resultados del punto de reblandecimiento sobre el asfalto envejecido AC-20.....	158
Tabla 73. Resultados del punto de reblandecimiento sobre el asfalto Aditivado envejecido AC-20.....	158
Tabla 74. Resultados del porcentaje residuo de penetración sobre el asfalto envejecido AC-20	160
Tabla 75. Resultados de porcentaje residuo de penetración sobre el asfalto aditivado envejecido AC-20	160
Tabla 76. Resultados del índice de penetración asfalto original AC-20.....	161
Tabla 77. Resultados del índice de penetración asfalto original AC-20.....	161
Tabla 78. Resumen de resultados de los ensayos realizados en el cemento asfáltico normal AC-20.....	163
Tabla 79. Resumen de resultados de los ensayos realizados en el cemento asfáltico aditivado AC-20.....	164
Tabla 80. Composición de la Emulsión normal CSS-1h	166
Tabla 81. Composición de la Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h.....	166
Tabla 82. Porcentajes para la dosificación de los constituyentes de la emulsión asfáltica.....	167

Tabla 83.Resultados de la viscosidad de saybolt 25°C Emulsión normal CSS-1h.....	169
Tabla 84.Resultados de viscosidad de saybolt 25°C Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h.....	169
Tabla 85.Resultados del asentamiento a los 5 días emulsión normal CSS-1h.....	172
Tabla 86.Resultados del asentamiento a los 5 días emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h.....	173
Tabla 87.Resultados de la estabilidad de almacenamiento a las 24 horas Emulsión normal CSS-1h	175
Tabla 88.Resultados de la estabilidad de almacenamiento a las 24 horas Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h.....	175
Tabla 89.Resultados de la carga de las partículas de la emulsión normal CSS-1h.....	177
Tabla 90.Resultados de la carga de las partículas de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h.....	177
Tabla 91.Resultados del mezclado con cemento de la emulsión normal CSS-1h	180
Tabla 92.Resultados del mezclado con cemento de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h.....	180
Tabla 93.Resultados del ensayo de tamizado de la emulsión normal CSS-1h	182
Tabla 94.Resultados del ensayo de tamizado de la Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h.....	183
Tabla 95.Resultados del residuo por evaporación de la emulsión normal CSS-1h	184
Tabla 96.Resultados del residuo por evaporación de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h.....	185
Tabla 97.Resultados de la ductilidad sobre residuo de la emulsión normal CSS-1h.....	187
Tabla 98.Resultados de la ductilidad sobre el residuo de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h.....	187
Tabla 99.Resultados de la penetración sobre residuo de la emulsión normal CSS-1h	189
Tabla 100.Resultados de la penetración sobre el residuo de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h.....	189
Tabla 101.Resultados del punto de reblandecimiento del residuo de la emulsión normal CSS-1h.....	191
Tabla 102.Resultados del punto de reblandecimiento del residuo de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h.....	192
Tabla 103. Resumen de resultados de los ensayos realizados en la emulsión asfáltica normal CSS-1h	193
Tabla 104. Resumen de resultados de los ensayos realizados en la emulsión asfáltica Aditivada CSS-1h	194
Tabla 105.Resultados de la viscosidad cinemática a 60°C sobre el asfalto diluido RC-250.	196
Tabla 106.Resultados de la viscosidad Saybolt furol 60°C sobre el asfalto diluido RC-250	198
Tabla 107.Resultados del punto de inflamación sobre el asfalto diluido RC-250.....	199
Tabla 108.Resultados del contenido de residuo del asfalto diluido RC-250	200
Tabla 109.Resultados de la viscosidad absoluta a 60°C sobre el residuo asfalto diluido RC-250.....	202
Tabla 110.Resultados de la ductilidad sobre el residuo asfalto diluido RC-250	204
Tabla 111.Resultados de la penetración sobre el residuo de asfalto diluido RC-250.....	205
Tabla 112. Resumen de resultados para el asfalto diluido RC-250	206
Tabla 113.Resultados de la penetración a 4°C sobre el asfalto diluido RC-250	208

Tabla 114.Resultados de la penetración a 4°C sobre el asfalto aditivado AC-20.....	210
Tabla 115.Resultados de la ductilidad a 4°C sobre el asfalto diluido RC-250.....	212
Tabla 116.Resultados de la ductilidad a 4°C sobre el AC-20 Aditivado.....	214
Tabla 117.Resultados del punto de reblandecimiento a 4°C sobre RC-250.....	216
Tabla 118.Resultados del punto de reblandecimiento a 4°C sobre AC-20 Aditivado.....	217
Tabla 119.Resultados de la viscosidad a 60°C de RC-250.....	219
Tabla 120.Resultados de la viscosidad a 60°C de AC-20 aditivado.....	219
Tabla 121.Composición de los agregados en las briquetas.....	220
Tabla 122.Densidad máxima y humedad óptima.....	221
Tabla 123.Dotación de riego de imprimación para probetas.....	223

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la obtención de los asfaltos de destilación	42
Figura 2. Módulo de rigidez del Asfalto en función de la temperatura	45
Figura 3. Variación del diámetro medio en función de la cantidad de emulsionante	74
Figura 4. Componentes de una Planta de Emulsiones	77
Figura 5. Estado de esfuerzos en la interfaz de adherencia	87
Figura 6. Obtención de agregado desde la banda transportadora	98
Figura 7. Obtención de agregado desde un depósito de almacenaje.....	99
Figura 8. Secuencia de tamices para análisis granulométrico.....	100
Figura 9. Tara Estandarizada para muestra de equivalente de arena	104
Figura 10. Probetas para equivalente de arena con especímenes.....	105
Figura 11. Cantidad de muestra a ensayarse para ensayo de desgaste de los agregados	108
Figura 12. Máquina de los Ángeles	108
Figura 13. Muestra de suelo no plástico para ensayo de límite plástico	111
Figura 14. Copa de Casa grande- Límite líquido.....	112
Figura 15. Varillado de la muestra para ensayo de peso volumétrico	121
Figura 16. Enrasado de la muestra para ensayo de peso volumétrico	121
Figura 17. Secado de las fracciones de agregado para ensayo de desgaste	125
Figura 18. Proceso de Inmersión de las muestras para ensayo de desgaste.....	125
Figura 19. Aditivos para AC-20.....	129
Figura 20. Adición de aditivos a AC-20	129
Figura 21. Molde cubierto con agente antiadherente para ensayo de ductilidad AC-20 normal y aditivado.....	130
Figura 22. Probetas para ensayo de ductilidad AC-20 normal y aditivado	131
Figura 23. Muestro para ensayo de penetración en AC-20 normal y aditivado	133
Figura 24. Lectura de penetración en el penetrómetro del ensayo de penetración AC-20 normal y aditivado	134
Figura 25. Enrazado de los anillos del ensayo de reblandecimiento AC-20 normal y aditivado	135
Figura 26. Ensamblado de equipo para punto de reblandecimiento	136
Figura 27. Aplicación de la fuente de ignición en el ensayo de inflamación	138
Figura 28. Punto de inflamación de la muestra AC-20 normal y aditivado	138
Figura 29. Posibles resultados del ensayo de la mancha	140
Figura 30. Preparación de la muestra para ensayo de la mancha	141
Figura 31. Resultados del ensayo de la mancha para AC-20 normal y aditivado	141
Figura 32. Peso del picnómetro lleno de agua	143
Figura 33. Peso del picnómetro con la muestra de asfalto y agua	143
Figura 34. Verificación de la temperatura de la muestra para el ensayo de Viscosidad Saybolt Furol sobre emulsiones asfálticas	168
Figura 35. Registro del tiempo en que llena los 60ml de la copa de recepción del ensayo de Saybolt furol sobre emulsiones normal y aditivado.....	169
Figura 36. Probetas para ensayo de asentamiento en la emulsión normal.....	171
Figura 37. Probetas para ensayo de asentamiento en la emulsión aditivado	171
Figura 38. Taras con la muestra superior e inferior para ensayo de asentamiento	172
Figura 39. Ensayo de carga de la partícula en las emulsiones asfálticas	177

Figura 40. Tamizado del cemento portland sobre emulsiones asfálticas normal y aditivada.	179
Figura 41. Mezclado de emulsión con cemento portland	180
Figura 42. Tamizado de la muestra de emulsión	182
Figura 43. Probeta de ductilidad ensayada sobre el residuo de emulsión asfálticas	187
Figura 44. Ensayo de ductilidad en la emulsión asfáltica	189
Figura 45. Punto de reblandecimiento de las emulsiones asfálticas	191
Figura 46. Muestro en contenedores de viscosidad a 60°C en RC-250.	196
Figura 47. Ensayo de ductilidad de la probeta de RC-250	203
Figura 48. Aplicación del RC-250 en probetas para ensayo comparativo a °C.	209
Figura 49. Tiempo de enfriamiento de las probetas de RC-250	209
Figura 50. Baño de agua a 4°C para ensayo de ductilidad	209
Figura 51. Penetración probeta de RC-250 A 4°C.	210
Figura 52. Probeta de AC-20 Aditivado a 4°C	210
Figura 53. Penetración probeta de AC-20 Aditivado a 4°C	211
Figura 54. Vertido de RC-250 sobre la probeta.	213
Figura 55. Probetas de ductilidad a 4°C RC-250.	213
Figura 56. Ensayo de las probetas de RC-250 a 4°C	213
Figura 57. Ensayo de las probetas de AC-20 Aditivado a 4°C.	214
Figura 58. Probetas punto de reblandecimiento a 4°C RC-250.	216
Figura 59. Punto de reblandecimiento a 4°C RC-250.	216
Figura 60. Muestreo de AC-20 Aditivado	217
Figura 61. Muestreo de AC-20 Aditivado a 4°C	217
Figura 62. Ensayo de viscosidad a 60°C.	219
Figura 63. Elaboración de probetas de suelo	222
Figura 64. Briquetas de base clase I.	222
Figura 65. Muestreo de los ligantes bituminosos.	224
Figura 66. Imprimación de las briquetas sin humectar	224
Figura 67. Ruptura de briqueta imprimada con RC-250.	225
Figura 68. Observación de la penetración de briqueta imprimada con RC-250.	225
Figura 69. Briqueta imprimada con Emulprimer	226
Figura 70. Ruptura de briqueta imprimada con Emulprimer	226
Figura 71. Ruptura de briqueta imprimada con emulsión normal	227
Figura 72. Probeta imprimada con RC-250 diluido.	228
Figura 73. Ruptura de la probeta imprimada con RC-250 diluido	228
Figura 74. Ruptura de la probeta imprimada con EMULPRIMER Diluido	229
Figura 75. Ruptura de la probeta imprimada con emulsión normal diluida	229
Figura 76. Esquema del dispositivo para medir adherencia	235

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Granulometría Mina - Naranjo – López / Base clase I Tipo A	102
Cuadro 2. Granulometría Mina - Naranjo – López / Base clase I Tipo B	103
Cuadro 3. Diagrama de fluidez	113
Cuadro 4. Curva de compactación para Base clase I	221

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.CERTIFICACIONES DE ENSAYOS SOBRE CEMENTO ASFÁLTICO AC-20 NORMAL Y AC-20 ADITIVADO	238
ANEXO B.CERTIFICACIONES DE LOS ENSAYOS SOBRE EMULSIONES.....	273
ANEXO C.CERTIFICACIONES DE LOS ENSAYOS SOBRE EL ASFALTO DILUIDO RC-250	306
ANEXO D. CERTIFICACIONES DE LOS ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO COMPONENTE DE LA BASE CLASE I.....	316
ANEXO E. PLANOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO PARA MEDIR ADHERENCIA ENTRE CAPAS	330

Capítulo 1

1.1.Introducción

El comportamiento de una estructura vial durante su vida de servicio depende de diversos factores que en conjunto mantienen sus propiedades de funcionalidad. Por lo tanto, es importante evaluar las cargas solicitantes, materiales componentes y el espesor de las capas que intervienen para transferir los estados tensionales. El análisis estructural de los componentes del pavimento se realiza en base a la hipótesis de adherencia perfecta entre capas, suponiendo un comportamiento íntegro, que no ocurre en la realidad. Las capas trabajan solidariamente en la transferencia de cargas, lo que implica que la transferencia ocurra entre capas “granulares – asfálticas” y “asfálticas – asfálticas”, para cuya adherencia se emplea el riego de liga y riego de imprimación respectivamente.

La aplicación de una interfaz de adherencia entre las capas influye en la transferencia de esfuerzos y deformaciones que inciden en la vida útil del pavimento. Por lo que es propicio la concretización de ensayos de caracterización que provean de herramientas necesarias para el diseño, aplicación y control de este tipo de riegos. En este caso se analizará el Riego de imprimación que es un material asfáltico de viscosidad reducida, aplicado sobre una superficie granular absorbente cuyo objetivo principal es penetrar, estabilizar y promover adherencia entre la capa granular y la capa asfáltica. Las prácticas constructivas usadas a nivel internacional nos proporcionan un panorama amplio sobre la importancia de la aplicación del riego de imprimación para lograr un óptimo desempeño de las capas, que se podrían implementar en las normativas vigentes en el Ecuador.

Para la presente investigación se emplearán “Asfaltos diluidos”, “Emulsiones Asfálticas” y “Cementos Asfálticos” tipificados bajo la normativa MOP-001F-2002 vigente actualmente en el Ecuador. Estas se fundamentan en normativas internacionales como son

ASTM y AASHTO. Se realizará un análisis comparativo de las ventajas y desventajas de las propiedades de cada uno de los ligantes anteriormente especificados y se evaluará su comportamiento. Además, se propone un modelo de dispositivo capaz de medir el torque necesario para lograr la rotura de la capa de adherencia creado por el riego de imprimación, así cuantificar su influencia en la estructura del pavimento, basándose en modelos ensayados en otros países y que sea estandarizado en el Ecuador.

1.2. Antecedentes

Las carreteras constituyen las vías de unión de lugares y poblaciones, y son construidas y proyectadas para la circulación de los medios de transportes, que dinamizan el desarrollo económico y social de un país. Por lo cual uno de los procesos de mayor relevancia en la construcción de estas infraestructuras, para el buen desempeño del conjunto funcionando monolíticamente, es el riego de imprimación ya que cumple con la función de incrementar la ligazón superficial de la base, recubrir la capa granular durante el proceso de construcción y crear una interfaz de adherencia entre la base granular y la capa asfáltica. En Argentina las especificaciones técnicas dadas en base resultados obtenidos en obras en servicio han permitido cuantificar el valor de penetración que debería tener el riego de imprimación para garantizar que las funciones anteriormente mencionadas se cumplan, es de seis milímetros, o también en la normativa peruana se establece un valor de 5mm. Cuanto mayor sea la penetración mayor será la capacidad portante y por ende se incrementará la vida útil de la estructura (Cornejo, 2014).

En el Ecuador se ha empleado para el riego de imprimación asfaltos diluidos como RC-250, sin embargo, en la actualidad los convenios internacionales ambientales prohíben su empleo debido al desequilibrio en la matriz energética pues son fabricados con productos que son altamente contaminantes para el medio ambiente. En los países del primer mundo su uso

se ha eliminado completamente y en países de la región como Colombia, Perú, Chile y Argentina, en nuestro país no han sido eliminados (Moreano, n.d.). También se usa emulsiones asfálticas del tipo CSS-1h, que es una alternativa económica, óptima y amigable con el ambiente, ya que su entorno de dilución es el agua que reemplaza eficientemente a los derivados del petróleo. La proporción de asfalto, emulsificante y agua en las emulsiones es del 60% y 40% respectivamente.

Al emplear las emulsiones asfálticas como riego de imprimación, para que su uso sea satisfactorio, es necesario estar sujeto a condiciones como es la rugosidad de la base granular a imprimir, proporción de riego por metro cuadrado, criterios de humedad y densidad, uniformidad y homogeneidad, bases abiertas o permeables.

1.3.Planteamiento del problema

En nuestro país la primera refinería fue construida en el año de 1975 en Esmeraldas, donde se inició la producción de asfalto, y tuvo una elevada demanda debido a su costo bajo. Las obras viales en el Ecuador presentan diversos problemas en la fase de construcción y mantenimiento, esto se debe a que no existe convenientes inspecciones de la calidad del asfalto y cumplimiento de los requerimientos técnicos especificados en las normas, que repercuten en el tiempo de servicio de estas infraestructuras(Herrera, Botasso, Cachago, Cajo, & Palma, 2006).

Debido a que en Ecuador el riego de imprimación a base de asfaltos diluido no ha sido suprimida dentro de las normativas de construcción vigentes en el país, es importante incentivar a las entidades encargadas de las obras viales a que en las futuras infraestructuras se tomen en consideración el uso de emulsiones asfálticas para verificar resultados debido a las ventajas económicas, energéticas y ecológicas que plantean. Para lo que es necesario realizar una

investigación del comportamiento de los diferentes ligantes empleados para adherir las capas, así como también evaluar el tipo de base granular a ser imprimada.

Con esta investigación se pretende evaluar las diferentes tasas aplicaciones, así como también el tipo de ligantes y su nivel de adherencia y penetración a la base granular, y de esta forma proponer el ligante óptimo que cumpla con todos los requerimientos técnicos especificados en las normas y evaluar su adherencia entre capas por medio de un dispositivo de ensayo que se propone ser normalizado en base a investigaciones publicadas a nivel internacional.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Comparar y evaluar el comportamiento de Asfaltos diluidos y Emulsiones Asfálticas para riego de imprimación con el fin de determinar si el empleo de emulsiones asfálticas mejora la capacidad adherente de la interface entre las capas y si es viable su utilización en nuestro medio.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Evaluar la eficiencia para la adherencia de las capas granular – asfáltica de los siguientes ligantes asfálticos: Emulsión asfáltica CSS-1h y asfalto rebajado RC – 250
- ✓ Determinar y evaluar la calidad del agregado de la Mina Naranjo – López a emplearse en la elaboración de probetas de base a imprimir
- ✓ Determinar si el asfalto diluido, cemento asfáltico y emulsiones asfálticas cumplen con las especificaciones técnicas establecidas en nuestro país.
- ✓ Interpretar la influencia de la cantidad de emulsión a colocar en función del tipo de material granular
- ✓ Cuantifica la penetración para determinar el tipo y contenido de ligante asfáltica a emplear.

1.5. Alcances y Limitaciones

1.5.1. Alcances

- Se evaluará el tipo de ligante asfáltico que proporcione mayor adherencia entre las capas granular y asfáltica mediante el valor de torque necesario para lograr la rotura de esta interfaz a través del dispositivo que se propone elaborar.
- Se cuantificará el valor de la penetración de los ligantes asfálticos, proporcionados por las empresas EMULDEC CIA. LTDA, NARANJO – LÓPEZ CONSTRUCTORA CIA. LTDA y CHOVA.
- Se determinará de acuerdo a los ensayos realizados el tipo de ligante asfáltico que garantice la mejor adherencia y penetración.

1.5.2. Limitaciones

- El riego de imprimación es un tema que en el Ecuador tiene escasa información, ya que no se ha realizado mucha investigación, y por lo tanto hay poca bibliografía.
- El proceso de aplicación para el trabajo de investigación está limitada a la colaboración de la empresa EMULDEC CIA LTDA y BREM CIA LTDA, que facilita el uso instalaciones y equipo del laboratorio de control de calidad para la elaboración de los ensayos.
- El riego de imprimación es la aplicación de ligante asfáltico capaz de crear un interfaz de adherencia entre la capa granular y asfáltica, para que el pavimento funcione como un todo en conjunto, este tema no ha sido evaluado en el Ecuador.

1.6. Justificación

En el Ecuador el riego de imprimación es la aplicación de un ligante asfáltico de baja viscosidad que permite la adherencia con la capa superior, de acuerdo a las recomendaciones proporcionadas en la sección 405-1 de la MOP-001F-2002 que hace referencia al suministro y

distribución del ligante, sin embargo, no existe ensayos que caractericen una tasa de riego de imprimación óptimo de acuerdo a la base granular a imprimir.

La insuficiente adherencia entre las capas genera esfuerzos que se concentran en la capa de rodadura. Esto genera agrietamientos ya que hay fatiga en la superficie y reduce notablemente la vida de servicio del pavimento. Investigaciones realizadas a nivel internacional han sido desarrolladas con el propósito de establecer criterios unificados que permitan determinar los materiales asfálticos que logren los resultados óptimos de acuerdo a los requerimientos de las obras viales.

En nuestro país no hay una normativa que regule este tipo de proceso de selección del ligante a emplear de acuerdo a las condiciones de la obra, por lo que surge la necesidad de realizar una investigación que permita cuantificar los valores penetración en probetas de base especificada por norma, y la adherencia entre las capas mediante ensayos de torsión, con esto se simula el comportamiento del riego de imprimación durante el proceso constructivo.

Capítulo 2

2.1. Constitución y caracterización general de los pavimentos

2.1.1. Pavimento

Un pavimento es una estructura de cimentación conformada por capas superpuestas diseñadas y constituidas técnicamente con materiales adecuados y oportunamente compactados. Estas estructuras estratificadas transmiten los esfuerzos generados por cargas repetidas que actúan en la superficie hacia la subrasante de la vía generada por el movimiento de tierras. Los esfuerzos deben ser resistidos adecuadamente durante el periodo de diseño de la estructura del pavimento.

2.1.2. Caracterización de un Pavimento

El pavimento debe cumplir con ciertas características necesarias para un adecuado funcionamiento según describe (Montejo, 2016):

- Resistencia a la acción de las cargas impuestas por el tránsito
- Resistencia ante agentes de intemperie
- La textura superficial se debe adaptar a la velocidad de circulación del tránsito que se vincula a la seguridad vial. Un factor fundamental es la resistencia al desgaste generado por el efecto abrasivo de las llantas.
- La regularidad superficial de acuerdo a la norma de ensayo ASTM E 867-06 “Standard Terminology Relating to Vehicle Pavement Systems” se especifica como “desviación de una determina superficie respecto a una superficie plana teórica” por lo que debe estar provista tanto en perfil transversal como perfil longitudinal, de dimensiones que generen una adecuada dinámica del vehículo, calidad de manejo y drenaje.

- Durabilidad prolongada en función del mantenimiento de una buena calidad de servicio para el período de tiempo para el que fue diseñado.
- Condiciones óptimas para reducir los efectos de agua sobre el pavimento
- La sonoridad de la rodadura debe ser moderada, para evitar el ruido tanto en el interior de los vehículos, así como también el exterior.
- La eficiencia económica es un beneficio directo para que las circulaciones de los vehículos sean mayores a los costos vinculados.

2.1.3. Tipos de Pavimentos

La clasificación de los pavimentos se realiza dependiendo del material con el que sea elaborado, de forma general en nuestro medio se clasifican en: pavimentos flexibles, pavimentos semi-rígidos o semi-flexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

2.1.3.1. Pavimentos Flexibles

Las estructuras de pavimento del tipo flexible están compuestas por una carpeta bituminosa afirmada sobre capas de rigidez menor conformadas por materiales granulares no tratados o ligados (base, sub-base y en algunos casos subrasante mejorada), además estas están apoyadas sobre el terreno natural. Los esfuerzos provocados por la circulación del tránsito se disipan por medio de las capas que lo componen, de forma que, al llegar a la subrasante, la mecánica de resistencia del suelo posee la capacidad de resistir estos esfuerzos sin que generen un deterioro funcional o estructural de la vía. Adicionalmente, cada capa debe resistir la influencia del ambiente (Reyes & Rondón, 2015)

2.1.3.1.1. Principales funciones de las capas de un pavimento flexible

- **Sub-base granular**

Capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular, compuestas por materiales pétreos con granulometrías y especificaciones de calidad.

Estructural. Soporta los esfuerzos transmitidos por las cargas vehiculares por medio de las capas superiores y los transfiriere a la subrasante. Algunos cambios en el volumen de la capa subrasante, vinculados a la variación de en su contenido de agua, que generan expansiones, o cambios de temperaturas extremas, son absorbidas por esta capa, impidiendo que las deformaciones generadas se exterioricen en la capa de rodadura.

Funcional. En repetidas ocasiones la sub-base drena el agua, que se implante por medio de la capeta o por las bermas, además impide la ascensión capilar. La sub-base delimita, imposibilitando la penetración de materiales constitutivos de la base con los de la subrasante, además funciona como un filtro para los materiales finos que puedan afectar a la calidad de la subrasante.

Económico. El espesor total necesario para el nivel de esfuerzos en la subrasante sea menor o igual que su resistencia misma, depende de la utilización de materiales de alta calidad, de modo, que es preferible distribuir las capas de mayor calidad en la parte superior y las de menor calidad en la parte inferior, lo cual comúnmente hace que este sea más económico. Es una solución, que requiere del incremento del espesor del pavimento, y así resulta más barato.

➤ **Base Granular**

Capa que se localiza por debajo de la capa de rodadura compuesta por materiales granulares procesados o estabilizados, y eventualmente con algunos materiales marginales que deben cumplir con los requisitos de calidad.

Estructural. Tiene una elevada resistencia a la deformación, de manera que soporta altas presiones generadas por el tránsito en una intensidad apropiada y transmitidas a la sub-base y subrasante.

Económica. En razón a la carpeta asfáltica, está en función análoga a la que posee la sub-base respecto a la base.

➤ **Carpeta**

La carpeta asfáltica en el pavimento flexible se compone por la superficie de rodadura, base intermedia y base asfáltica, sin embargo, en algunos casos cuando los niveles de tránsito son bajos puede estar constituida únicamente por la capa de rodadura.

Estructural. Resistente a la tensión que integra la capacidad estructural del pavimento, es decir soporta los fenómenos de fatiga y aglomeración de deformaciones permanentes influidas por las cargas cíclicas de los vehículos que se repiten en el tiempo. Además, debe resistir la influencia del ambiente.

Funcional. La carpeta es la encargada de proporcionar una serviciabilidad adecuada, por lo que debe estar conformada por una superficie uniforme que genere una circulación cómoda y segura, además de resistir los efectos abrasivos del tránsito. Imposibilita la penetración directa de agua a las capas constitutivas, limitando la disminución de resistencia al corte en las capas granulares.

2.1.3.2. Pavimentos Semi - Flexibles

Los pavimentos semi – flexibles poseen una estructura similar a los pavimentos flexibles, la diferencia reside en que una de sus capas es rigidizada artificialmente por medio de aditivos como: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El objetivo de estos aditivos es modificar las propiedades mecánicas de los materiales que no tengan las características adecuadas para conformar las capas del pavimento. Este tipo de pavimento se caracterizan

principalmente por ser impermeables, además que su durabilidad es elevada y el tiempo de colocado es relativamente rápido.

2.1.3.3. Pavimentos Rígidos

La estructura de los pavimentos rígidos está caracterizada por una capa o losa de concreto hidráulico, soportada sobre una capa granular no tratada o estabilizada con cementantes hidráulicos. La elevada rigidez del concreto hidráulico, así como su alto módulo de elasticidad permite atenuar los esfuerzos inducidos por el tráfico sin sufrir grandes deformaciones, de modo que tienen una amplia distribución de los esfuerzos a flexión debida a la losa del concreto y de compresión que se transmiten al suelo en menor magnitud. Adicionalmente, el concreto posee la capacidad de resistir en cierto nivel los esfuerzos a tensión, lo que permite que el comportamiento del pavimento rígido sea más efectivo incluso cuando en la subrasante existan zonas débiles. La capacidad estructural está en función de la resistencia de las losas de concreto, de forma las capas subyacentes ejercen insignificante influencia en el diseño del espesor del pavimento.

2.1.3.3.1. Principales funciones de las capas de un pavimento rígido

➤ Sub-base

La función esencial de la sub-base es prevenir el bombeo en las juntas y grietas del pavimento, es decir, el drenaje libre de material fino con agua o una elevada resistencia a la erosión. El agua que se infiltra por las juntas genera licuefacción del suelo fino que compone la subrasante, haciendo más eficiente la evacuación a la superficie por acción de la presión provocada por el tránsito de los vehículos a través de la losa.

- Actúa como una capa de transición y distribución uniforme de apoyo, estable y constante del pavimento.

- Drena y reduce la acumulación de agua
- Controla la variación volumétrica de la subrasante y minimiza el efecto superficial de tales cambios.
- Incrementa la capacidad de soporte de la subrasante

➤ **Losa de concreto**

- La carpeta de concreto presenta mayor resistencia a los efectos de la intemperie. Además, transmite presiones pequeñas hacia la subrasante (Duravía, n.d.)
- Como no se deforma, el nivel de las superficies es completamente plano generando un buen drenaje superficial.
- El concreto es un material rígido que reduce notablemente el espesor de las capas granulares, volúmenes de excavación, minimizando costos e impacto ambiental.
- La reflectividad de la superficie de concreto es superior a la del asfalto, por lo que genera mayor seguridad de circulación en la noche.

2.1.3.4. Pavimentos Articulados

La estructura del pavimento articulado está compuesta superficialmente por elementos individuales, que son los bloques de concreto prefabricado, conocidos comúnmente como adoquines, se caracterizan por tener un espesor uniforme y ser semejantes entre sí. Este manto flexible es retenido por una capa de arena de espesor compacto, que a su vez se apoya sobre una capa granular o la subrasante, en función de la calidad de la misma y la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan sobre este.

2.1.3.4.1. Principales funciones de las capas de un pavimento rígido

➤ **Base**

Se encuentra localizada entre capa de rodadura y la subrasante. Su función principal es proporcionar mayor espesor y capacidad estructural, por medio de una o varias capas de materiales que cumplan con los requisitos de calidad.

➤ **Capa de arena**

Es una capa delgada de arena gruesa que se distribuye directamente sobre la base. Retiene y acomoda a los adoquines, además que sirve como filtro para el agua que puede filtrarse por las juntas entre estos.

➤ **Adoquines**

Deben estar dotados de una resistencia adecuada para resistir las cargas de los vehículos circulantes y además el desgaste generado por éste.

➤ **Sello de Arena**

Se compone de arena fina que se distribuye sobre la superficie para rellenar las juntas entre adoquines, en nuestro medio a este procedimiento se lo denomina como emporar. Le proporciona la capacidad de funcionar como un todo, a los componentes de la rodadura.

2.2. Materiales componentes de una mezcla asfáltica

2.2.1. Ligantes asfálticos

Los ligantes asfálticos son un conjunto de una amplia gama de productos que tienen características similares como su aspecto, color y capacidad aglomerante. Estas semejanzas se deben a su constitución de hidrocarburos de diferentes tipos. La misión principal de un ligante es aglomerar los áridos para lograr una resistencia aceptable de la mezcla bituminosa como integrante del pavimento. Esta resistencia se obtiene debido a la fricción interna del esqueleto mineral con el betún, rodeando uniformemente las partículas, y provocando que estas se unan para dar mayor cohesión a la mezcla, y así incrementar notablemente su resistencia y su tiempo de envejecimiento.

Su naturaleza y comportamiento en obra, es casi imposible conocer con exactitud debido a que posee un gran número de elementos que lo componen y no es posible aislar cada uno, por lo que se realiza un enfoque en su constitución físico química del complejo coloidal que es el ligante bituminoso (Pérez Jiménez, Miró Recasens, Martín, & des Choix, 1997). Las propiedades mecánicas de los ligantes son las responsables de darle a la capa asfáltica resistencia ante la acción de carga monotonica, estática o cíclica, además de impermeabilidad y durabilidad.

2.2.2.1. Origen de los ligantes asfálticos

- **Ligantes Asfálticos naturales**

Los asfaltos naturales son aquellos que se han formado en la naturaleza como resultado de la migración de petróleos naturales hacia la superficie terrestre, por medio de las fisuras y lecho rocoso poroso, además de la volatilización de los componentes más ligeros que se concentran en mayor o menor proporción en la capa mineral. El proceso de su formación es similar a los betunes obtenidos por destilación de petróleo, con la diferencia que, en este caso, el proceso se efectúa a menor temperatura y con un periodo de duración infinitamente largo.

- **Ligantes Asfálticos de destilación**

Los asfaltos de destilación son ligantes bituminosos empleados en la actualidad en las obras viales. Se obtienen en las refinerías como residuos de la destilación de los crudos de petróleo, proceso que se detalla en la Figura 1 que es un esquema ilustrativo de la destilación de los crudos de petróleo (Fernandez, 1983)

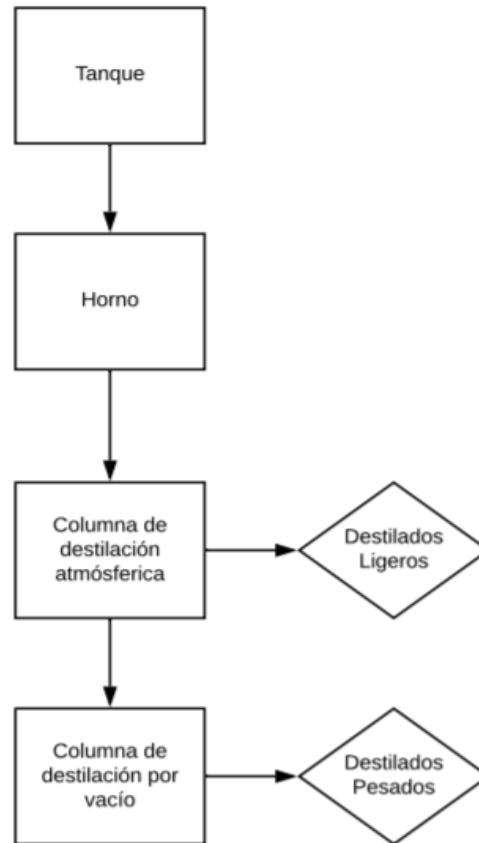


Figura 1. Esquema de la obtención de los asfaltos de destilación

Los destilados ligeros son las fracciones livianas que son separadas por destilación atmosférica o simple, que pasa por condensadores y enfriadores donde se obtiene como producto final la gasolina, el kerosene, aceites, lubricantes y solventes, mientras que los destilados pesados requieren de una combinación entre el vacío y calor para su división obteniendo como producto final los cementos asfálticos. En algunos casos los residuos asfálticos no poseen las propiedades mecánicas necesarias para su aplicación en obra, por lo que es necesario complementar el proceso de destilación con un proceso de oxidación parcial, que hace que el asfalto o betún se endurezca disminuyendo su variación ante los cambios de temperatura.

2.2.2.2. Clasificación y caracterización de los ligantes asfálticos

2.2.2.2.1. Clasificación de los ligantes asfálticos

Los ligantes asfálticos se los puede clasificar en:

- **Ligantes Básicos**

Betún. Ligante hidrocarbonado sólido y viscoso, que se obtiene a partir de hidrocarburos naturales por destilación, oxidación o craqueo. Están compuestos por una reducida proporción de productos volátiles y tiene propiedades aglomerantes. Se conoce también como betún de penetración

Alquitrán. Productos bituminosos semisólidos o líquidos procedente de reconstitución del residuo obtenido de la destilación del carbón de Hulla. Está compuesto principalmente de por dos fracciones que son: la brea de alquitrán y los aceites de hulla.

- **Ligantes derivados de los básicos**

Betunes fluidificados. Ligante que se consigue por la adición de un disolvente resultante de la destilación del petróleo, al betún de penetración.

Betún fluxado. Betún de penetración al que se le ha añadido un disolvente proveniente del alquitrán, Se caracterizan por poseer una viscosidad elevada, que le proporciona de adhesividad.

Emulsiones de Betún. Dispersión estabilizada de betún en agua

- **Ligantes Mixtos**

- **Ligantes Modificados.** Ligantes que poseen aditivos que mejoran sus características reológicas.

En el Ecuador, el manejo de este tipo de materiales se puede consultar en el Ministerio de Obras Públicas. Existen varios tipos de asfaltos empleados para la elaboración de mezclas asfálticas, que son:

- Cemento Asfáltico
- Emulsiones Asfálticas
- Asfaltos rebajados
- Asfaltos modificados
- Asfaltos espumados
- Crudos pesados
- Asfaltos Naturales o asfaltitos

Sin embargo, en forma general se los puede agrupar en tres grandes tipos que son:

- Cemento Asfáltico
- Asfalto Diluido
- Emulsiones Asfálticas

Las emulsiones asfálticas y los asfaltos diluidos son empleados en mezclas asfálticas en frío y tratamientos superficiales y profundos con riego. Los cementos asfálticos son usados en mezclas en caliente.

2.2.2.2.2. Caracterización de los ligantes asfálticos

2.2.2.2.2.1. Propiedades Físicas de los ligantes asfálticos

El comportamiento de los ligantes asfálticos se fundamenta en su naturaleza visco – elástica que está en función de factores de temperatura y carga que son gran importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras. En la figura 2, se puede observar el comportamiento del módulo de rigidez del asfalto en función de la temperatura o del tiempo de aplicación de la carga, que son fenómenos (Recuenco, 2017).

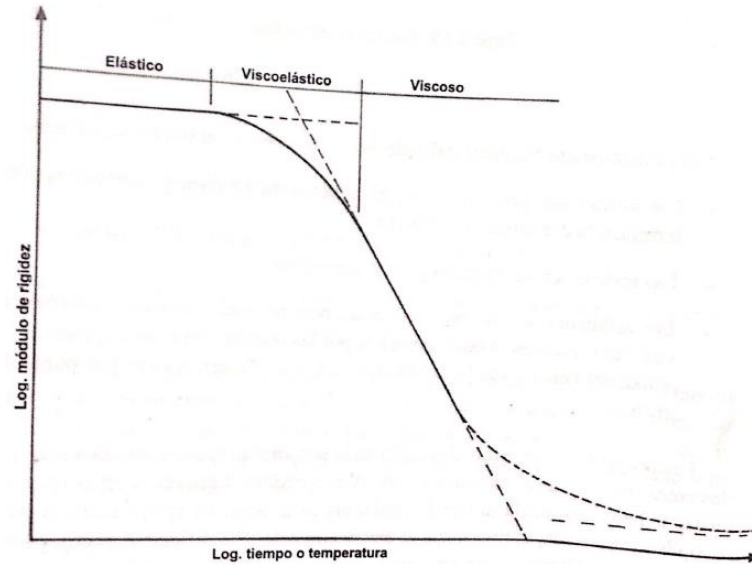


Figura 2. Módulo de rigidez del Asfalto en función de la temperatura

Fuente: Firmes y pavimentos de carreteras y otras infraestructuras, Recuenco, 2017

Se puede observar que a bajas temperaturas el asfalto presenta un comportamiento sólido elástico, a elevadas temperaturas como un líquido viscoso y a temperatura media es elástico. Basándose en lo descrito anteriormente los requerimientos que idealmente debería cumplir para un satisfactorio y óptimo empleo debería ser: Durabilidad, adhesividad, envejecimiento, fragilidad y susceptibilidad a la temperatura.

- **Durabilidad**

Es una propiedad que define la medida en que un asfalto retiene sus características iniciales al ser sometido a procesos de envejecimiento y degradación. El denominado ensayo de película delgada, evalúa el comportamiento del asfalto ante el envejecimiento a altas temperaturas en el horno normal (TFO) o rotatorio (RTFO) después de un tiempo determinado. Este ensayo nos permite predecir el comportamiento del pavimento que se ve afectado por el diseño de la mezcla, las características del agregado, la mano de obra en la construcción y otras variables.

- **Adhesividad**

La adhesividad es una capacidad que tienen el asfalto para mantenerse fijo en el árido, sin que exista desplazamiento en presencia de tráfico y agua. Esto depende de dos principios fundamentales: la polaridad y tensión superficial del árido. El objetivo principal es que el asfalto y el árido estén en contacto. El ensayo de ductilidad relaciona la adhesión y cohesión que tiene el asfalto, en consecuencia, se mide el alargamiento de una probeta que puede soportar hasta la rotura con velocidad de deformación y temperatura determinadas.

- **Fragilidad**

La fragilidad es la capacidad que tiene el asfalto a fracturarse sin que exista una deformación elástica apreciable. El comportamiento del asfalto a bajas temperaturas se tiene con la determinación del punto de Fraass, que establece la temperatura a la cual la primera fisura aparece en la superficie delgada abierta sobre una placa metálica la cual soporta ciclos de flexión con temperaturas decrecientes. Los ensayos de fragilidad y punto de reblandecimiento, presenta una estrecha relación de proximidad con lo que ocurre en el campo de divergencia de las temperaturas de servicio en las que el asfalto presenta un comportamiento eficaz para el empleo en las carreteras, esto se puede observar en la Figura 3

- **Susceptibilidad a la temperatura**

Los asfaltos se caracterizan por ser termoplásticos, es decir, que a temperaturas relativamente altas se vuelve deformable o flexible. Esto es una tasa de variación de la viscosidad con la temperatura y es una de las propiedades más importantes, ya que se puede conocer la temperatura adecuada para mezclar el asfalto con el agregado, así como también compactar la mezcla sobre la base de la carretera.

La fluidez del asfalto está en relación directa con la temperatura elevada, y es capaz de cubrir completamente las partículas de agregado durante la mezcla, y hace el posible el desplazamiento de las partículas durante la compactación. Y posteriormente a temperaturas ambientales, es lo suficientemente viscoso para mantener las partículas unidas entre sí.

Existe una buena correlación lineal entre el logaritmo de penetración y la temperatura, en esta recta se establecen, aproximadamente los puntos que corresponden a la fragilidad de Fraass, mediante los ensayos de penetración y punto de reblandecimiento.

- **Envejecimiento**

Los ligantes asfálticos con el paso del tiempo incrementa su viscosidad y dureza. Este endurecimiento se debe a un proceso de oxidación donde el asfalto se combina con el oxígeno. Posteriormente, decrece la cohesión y es muy frágil ante los esfuerzos aplicados, generando una rotura de su superficie. Dentro de las causas que generan este comportamiento están:

- El asfalto presenta componentes volátiles que se evaporan
- La fotooxidación, hace que el hidrogeno y el carbono se eliminen en forma de agua y dióxido de carbono
- Condensación y polimerización del sistema coloidal
- Elevadas temperaturas en la carretera

Sin embargo, el tiempo de vida útil del asfalto se logra antes por acción de las cargas de tráfico aplicadas que por envejecimiento.

El ensayo de resistencia al envejecimiento establece la pérdida de masa, la disminución de penetración y el incremento de punto de reblandecimiento, al calentar una muestra de asfalto a temperaturas elevadas según se establecen la norma. A continuación, en la figura 4 se presenta el comportamiento de envejecimiento del asfalto en el tiempo.

2.2.2.2.2. Propiedades Químicas de los ligantes asfálticos

Los ligantes asfálticos presentan propiedades químicamente complejas constituidos por hidrocarburos, compuestos orgánicos y metales que se obtiene como residuo de la destilación. Cuando el asfalto es disuelto en el heptano que es un solvente, se divide en: asfáltenos y máltenos. Entonces podemos decir que el asfalto es una solución coloidal, en donde sus fases discontinuas son los asfáltenos y la fase continua son los máltenos, que son fluidos aceitosos. Los asfáltenos proveen al asfalto de elasticidad y rigidez a diversas temperaturas mientras que los máltenos proporcionan de adhesividad, y los aceites son los encargados de transportar los asfáltenos y resinas. El peso molecular de estos componentes es orden creciente es: aceites – resinas – asfáltenos.

Las propiedades del asfalto dependen directamente de las proporciones relativas en que estos tres componentes intervienen en su composición. Al incrementar los aceites, este presenta mayor susceptibilidad a la temperatura, dificultad de soportar deformaciones 5elásticas y resistencia al envejecimiento. Si la proporción de asfáltenos es mayo al 30%, hay un incremento de rigidez y alta fragilidad ante temperaturas bajas (Rolando Franco, 2002).

2.3. Áridos

Los áridos son pedazos rocosos provenientes de la desintegración natural de las rocas por efecto de diversos factores naturales. Constituyen el 80% en peso y en volumen de los pavimentos. Además, sus características satisfacen los requerimientos según la capa que estén conformando. Forman parte de las capas granulares aportando con propiedades como resistencia mecánica y cohesión, así como también de los conglomerantes que son de mayor uso actualmente en las capas tratadas, mezclas bituminosas, losas de hormigón etc.

La calidad y cantidad de áridos necesarias para la construcción de un tramo vial, está determinada por las características geológicas del medio en donde se esté trabajando y las

condiciones ambientales predominantes. Los costos de puesta en obra, manipulación y obtención constituyen el 20% del costo total de la obra, esto se ve afectado por circunstancias como el movimiento de tierras reducido y elevado tráfico de vehículos pesado.

2.3.1. Clasificación de los Áridos

Los áridos tienen diversos sistemas de clasificación como son: según su medida, procedencia, naturaleza química y sistema de obtención (AA.VV., 2007).

Según su tamaño, se considera la siguiente clasificación:

- **Gravas o áridos gruesos**, constituyen aquellas partículas de un diámetro mayor a 5mm
- **Arenas o áridos finos**, son aquellos que tienen un diámetro menor a 5mm

Según su procedencia, están agrupados en:

- **Áridos de río**, son los más empleados debido a sus propiedades físicas de forma, además que poseen menor cantidad de impurezas.
- **Áridos de mina**, son angulares de aspecto áspero con impurezas y elevada cantidad de materia orgánica
- **Áridos de playa**, son redondos y finos con alto contenido de sales minerales

Según su naturaleza química, están clasificados en:

- **Áridos arcillosos**, están compuestos por arcillas
- **Áridos silíceos**, provienen de la desintegración del cuarzo. Poseen gran dureza y estabilidad química.
- **Áridos silicatados**, compuestos de la desintegración de los feldspatos
- **Áridos calizos**, se originan de las rocas calizas. Tienen poca durabilidad y son muy blandos

Finalmente, según su sistema de obtención se agrupan en:

- **Áridos Naturales**, se encuentran a la orilla de ríos y playas o al pie de montañas como resultado de las rocas disgregadas. Presenta una superficie fina y con aristas redondas, que los hace más trabajable y de fácil colocación en obra. Este depende de su naturaleza y características de las rocas de las que se disgregan, que por su origen estas se clasifican en: ígneas, metamórficas y sedimentarias
- **Áridos Artificiales**, se obtienen por medio de un proceso de trituración de los áridos de mayor diámetro. Debido a esto proceso es necesario realizar un lavado para eliminar el polvo de piedra. Presentan aristas con ángulos pronunciados, lo que permiten que se acomoden de tal manera que los hace más resistentes a compresión, debido a su rozamiento. Algunos áridos artificiales son provenientes de canteras específicas donde son realizados mediante un proceso industrial específico como por ejemplo el sílice y bauxita, que son utilizadas en las capas de rodadura por su resistencia.

2.3.2. Procedencia de los Áridos

Los áridos provienen de yacimientos naturales y de la explotación de canteras. Los yacimientos son de derrubios, como deyección y depósitos, son de origen aluvial, eólica y marina y son compuestos de material silíceo y calcáreo. Son muy abundantes, sin embargo, su explotación representa una gran afectación en el ambiente, entre lo que se puede destacar:

- Pérdida de suelo y vegetación
- Cambio de las áreas de sedimentación y transporte de materiales, además de daños permanentes en el nivel freático.
- Daños en el ecosistema, alteraciones morfológicas en el paisaje

Las canteras producen diversos materiales que dependen de las rocas que se traten sus características mecánicas y estructurales, forma y dimensión del yacimiento y el método de explotación.

2.3.3. Propiedades generales de los áridos

Los áridos poseen estructura, propiedades y color de las rocas de las cuales provienen por lo que están condicionados a su composición, es decir, si tienen minerales inestables se disgregarán fácilmente. Para evaluar su idoneidad se realizan ensayos que cuantifican los parámetros representativos y permiten reproducir en el laboratorio los fenómenos que ocurren en el campo. Los requerimientos deben ser satisfechos de acuerdo a la capa de pavimento que se esté tratando y tamaño de árido que se emplee, esto determina la constitución y comportamiento. Entonces, se puede decir que las condiciones que deben cumplirse se las resume a continuación:

- La angulosidad de los áridos proporciona de mayor resistencia.
- No deben poseer una superficie lisa, ya que la rugosidad da mayor adherencia sin embargo son menos trabajables por lo que es necesario añadir partículas de menor diámetro.
- La limpieza de los áridos es de gran importancia para eliminar cualquier tipo de impureza que pueda existir como son materias orgánicas, arcilla y limos por que incrementan la cantidad de material fino.
- La humedad excesiva de los áridos afecta directamente a la dosificación de un conglomerado.
- En general, los áridos artificiales son empleados más en la actualidad por su desempeño que los naturales.

2.3.3.1. Propiedades específicas del Árido grueso

Las propiedades principales de los áridos gruesos se detallan a continuación (RODRÍGUEZ & ADILLA, 2011):

- **Forma**

La forma es una propiedad que tiene una gran influencia en la resistencia dentro del esqueleto mineral, se pueden considerar 4 tipos de formas que son:

1. Redondas
2. Cúbicas
3. Agujas
4. Lajas

Para determinar el porcentaje de partículas se tamiza y se determina las fracciones granulométricas de cada criba. El índice de lajas es el porcentaje total de masa pasante de los tamices, en relación a la masa total.

- **Angulosidad**

La angulosidad de los áridos influye en el rozamiento interno de las partículas, por eso es necesario que las partículas sean de superficie áspera, irregular y rugosa. Para cuantificar estas características es necesario realizar una separación manual, donde se establece el porcentaje en referencia a la masa total y se los agrupa en:

- Partículas totalmente trituradas
- Partículas trituradas
- Partículas totalmente redondeadas
- Partículas redondeadas

- **Resistencia Mecánica**

La resistencia mecánica de los áridos está en dependencia de:

- ✓ Resistencia a la disgregación por aplastamiento
- ✓ Resistencia al desgaste, por fricción entre las partículas
- ✓ Resistencia al pulimento de su superficie

La resistencia es un parámetro importante, ya que las cargas del tráfico causan que las partículas se desgasten en sus zonas de contacto donde se transfieren las cargas a capas posteriores.

- **Alterabilidad**

Los áridos pueden verse afectados por la intemperie, generando su disgregación, el ensayo capaz de simular estos efectos es el de sulfato de magnesio. A partir de este ensayo podemos determinar el índice de resistencia que tienen los áridos ante este tipo de agentes.

- **Limpieza**

Los problemas de adhesividad con los ligantes que presentan los áridos se deben a arcillas, polvo u otros agentes extraños, además que es un determinante de que la capa de pavimento reaccione ante la acción del agua. Esta limpieza se establece a través de un ensayo en el que se separan las partículas por lavado que se encuentran adheridas a la superficie de los áridos, y se denomina como el coeficiente de limpieza superficial. Este coeficiente se lo limita a un rango entre 0,5 y 2% de acuerdo a la capa que este constituyendo.

- **Adhesividad**

Es una propiedad de afinidad de los áridos con los ligantes asfálticos, la mayor o menor facilidad de unirse con líquidos dependiendo de su viscosidad. Es un fenómeno complejo en el que intervienen factores que pueden afectar a su adherencia como:

- Porosidad del árido
- Materia orgánica o agentes extraños adheridos a los áridos
- Tensión Superficial ligante- árido
- Polaridad del árido

Uno de los problemas comunes es la adhesividad pasiva, donde hay un desplazamiento del ligante de la superficie del árido por acción del agua, por lo que es necesario realizar el ensayo de sensibilidad al agua que evalúa este fenómeno.

2.3.3.2. Propiedades específicas del Árido Fino

De acuerdo a la clasificación de Suelos SUCS, el agregado fino se define como la proporción de material pasante del tamiz #4 y la proporción que queda retenida del tamiz #200. En las capas que conforman el pavimento, las propiedades y características requeridas del árido fino de limpieza y plasticidad son las más relevantes. Su procedencia será a partir de la trituración de piedra de canteras o yacimientos naturales. Frecuentemente se emplea la arena natural para realizar mezclas asfálticas que van a ser empleadas en pavimentos que soportarán una intensidad de tráfico baja, entonces la proporción límite de arena natural no triturada que es aconsejable emplear es del 10% de la masa total del agregado mixto, además no debe superar el porcentaje de fino triturado, ya que puede existir una reducción de la resistencia.

El agregado fino puede estar contaminado con material de diámetro menor a 80 micras, que puede ser poco susceptible de identificación por lo que es necesario evaluar este fenómeno por medio del ensayo del equivalente de arena o también por medio del ensayo de azul de metileno.

Es importante que para los áridos finos el ensayo de los límites de Atterberg sea no plástico, ya que se elimina la posibilidad de presencia de arcillas, aunque se admita en algunas capas una reducida plasticidad.

2.3.3.3. Esqueleto mineral (Fíller)

El esqueleto mineral de acuerdo al Sistema de Clasificación SUCS es la proporción de material pétreo pasante del tamiz #200. Su naturaleza será de polvo de piedra caliza, generalmente empleado para mezclas asfálticas. Al ser un producto comercial sus controles de

calidad permiten conocer sus propiedades físicas y químicas que determinaran su comportamiento dentro de la mezcla.

Las propiedades de las capas de pavimentos, no solo están determinadas por las características de los áridos que la conforman consideradas individualmente, sino también de las características considerando como un todo. Una de las más importante es la granulometría, sin embargo, existen otras.

La granulometría permite una distribución de los tamaños de las partículas de los áridos que es de vital importancia para el esqueleto mineral ya que determina la resistencia mecánica y la facilidad de compactación y drenaje. Se evalúa por medio del ensayo de granulometría en el que se dispone los tamices en un orden decreciente, por donde atravesara la muestra. A partir de este análisis se obtiene una gráfica, en el eje de las ordenas está el orden decreciente de las cribas y en el eje de las abscisas el porcentaje en peso del pasante de cada tamiz.

Es importante que para cada capa se realiza la curva granulométrica con los limites superior e inferior para una mejor gradación de acuerdo a las debidas proporciones de tamaño relativamente uniforme. Generalmente hay dos tipos de curvas granulométricas que son:

- Granulometría Continua, hay una diferencia escalonada de tamaños la curva es suave y es exigida frecuentemente
- Granulometría discontinua presenta picos y tramos relativamente horizontales, variación de tamaños casi nulo

2.3.3.3.1. Otros requisitos

El polvo mineral satisface parámetros fundamentales como son:

- Granulometría continua, le da mayor resistencia mecánica, facilidad de compactación, mayor adherencia entre las partículas e incremento de densidad.

- Restricción del porcentaje de agregado fino y plasticidad, para disminuir la sensibilidad ante la presencia de agua y reducción de fricción entre las partículas
- Buena compactación para incrementar la estabilidad, la densidad, rozamiento interno y resistencia.
- Drenaje de cada una de las capas
- Áridos resistentes al desgaste
- Garantizar rozamiento e imbricación de las partículas

Capítulo 3

Cemento Asfáltico, Asfalto diluido y Emulsionado

3.1. Cemento Asfáltico

3.1.1. Definición

Los cementos asfálticos de acuerdo con MOP – 001F-2002 sección 810 – 2 son el residuo de la destilación atmosférica y de destilación al vacío del petróleo, proceso que elimina solventes volátiles y algunos aceites. Presentan una consistencia semilíquida o sólida. Es la fracción más pesada, ya que es una mezcla de químicos orgánicos de elevada viscosidad, de textura pegajosa, color negro y compuesta por hidrocarburos aromáticos poli cíclica. Los asfaltos de penetración provienen de la refinación del petróleo con la mezcla de un aceite fluidificante. Son el material ideal para la pavimentación, debido a sus propiedades aglutinantes e impermeabilizantes, además que tienen características de flexibilidad, alta resistencia y durabilidad ante la presencia de ácidos, alcoholes y sales. Se emplean particularmente en las mezclas asfálticas en caliente, ya que para su aplicación se necesitan altas temperaturas para disminuir su consistencia y que las partículas queden completamente cubiertas (Arenas, 1999)

3.1.2. Clasificación

La norma AASHTO - M20 clasifica a los cementos asfálticos en cinco grados de consistencia o penetración a 25 °C que son: 40 – 50, 60 – 70, 85 – 100, 120 – 150 y 200 – 300, estos números son el valor de la penetración de acuerdo al grado, organizados en los rangos propuestos de mayor a menor.

Sin embargo, en la actualidad esta clasificación se ha convertido en empírica, con el avance de la tecnología. Este ensayo de penetración ha sido reemplazado por el ensayo de viscosidad que se ha convertido en una herramienta fundamental para clasificar a los cementos asfálticos, graduándolos según su viscosidad que se mide en poises a 60°C. De acuerdo con la

AASHTO – M226, se clasifican en dos series: la primera se realiza de acuerdo a grados, la numeración hace referencia a la viscosidad en cientos de poises a 60°C y es: AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20, AC-40 y AC-30 existe un rango de error ± 20 , y esta ordenado de mayor a menor. La segunda serie al igual que primera es en grados, pero la numeración está dada por la viscosidad en poises después del ensayo de película delgada RTFO es: AR- 1000, AR- 2000, AR- 4000, AR - 8000 y AR – 6000 tienen un margen de error de ± 25 (de la Fuente, 2007).

A continuación, en la tabla Nro.1 se presenta la equivalencia entre el grado de penetración y el grado de viscosidad:

Tabla 1. Clasificación y Equivalencia entre el grado de penetración y grado de viscosidad

Índice de penetración	Grado de viscosidad AC (Asphalt Cement)	Grado de viscosidad AC (Asphalt Cement)
40-50	AC-40	AR-8000
60-70	AC-20	AR-6000
85-100	AC-10	AR-4000
120-150	AC-5	AR-2000
200-300	AC-2.5	AR-1000

3.1.3. Especificaciones y ensayos de calidad para el cemento asfáltico

Los cementos asfálticos deberán satisfacer los requisitos especificados en las normas vigentes, de acuerdo con sus propias restricciones, pero con valores similares. A continuación, se presentan las normas encontradas para este tipo de asfalto:

3.1.3.1. MOP – 001F- 2002

En el Ecuador, las especificaciones técnicas para el cemento asfáltico están dado por el Ministerio de Obras Publicas en las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes en la sección 810-2.02 en la tabla 810.2.1

Tabla 2.Especificaciones técnicas MOP-001F-2002 Cemento asfáltico

ENSAYOS	60-70		85-100	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
Betún original				
Penetración (25 °C, 100 gr, 5 s), mm/10.	60	70	85	100
Punto de ablandamiento A y B, °C.	48	57	45	53
Indice de penetración (*).	-1,5	+1,5	-1,5	+1,5
Ductilidad (25 °C, 5 cm/minuto), cm.	100	---	100	---
Contenido de agua (en volumen), % .	---	0,2	---	0,2
Solubilidad en Tricloroetileno, %.	99	---	99	---
Punto de inflamación, Copa Cleveland, °C.	232	---	232	---
Densidad relativa, 25 °C/ 25 °C	1,00	---	1,00	---
Ensayo de la mancha (**)	NEGATIVO		NEGATIVO	
Contenido de parafinas, %.	---	2.2	---	2.2
Ensayos al residuo del TFOT:				
Variación de masa, %.	---	0,8	---	1,0
Penetración, % de penetración original.	54	---	50	---
Ductilidad , cm	50	---	75	---
Resistencia al endurecimiento (***) .	---	5,0	---	5,0

Fuente: Ministerio de obras públicas y comunicaciones, Cementos asfálticos, 2002

3.1.3.2. American Association of State Highway and transportation official (AASHTO)

En la ASSHTO M 20-70 se establecen los requerimientos que debe cumplir el cemento asfáltico y se detallan a continuación:

Tabla 3.Especificaciones técnicas AASHTO M 20-70 Cemento asfáltico

Fuente: AASHTO M 20-70, 1970

	Penetration Grade									
	40-50		60-70		85-100		120-150		200-300	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Penetration at 25°C (77°F) 100 g., 5 s	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Flash point. Cleveland Open Cup °C (°F)	232 (450)	-	232 (450)	-	232 (450)	-	218 (425)	-	177 (350)	-
Ductility at 25°C (77°F) 5 cm. per min., cm	100	-	100	-	100	-	100	-	-	-
Solubility in trichloroethylene percent	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-
Thin-film oven test, 3.2 mm (1/8 in.). 163°C (325°F) 5 hour										
Loss on heating, percent	-	0.8	-	0.8	-	1.0	-	1.3	-	1.5
Penetration, of residue, percent of original	58	-	54	-	50	-	46	-	40	-
Ductility of residue at 25°C (77°F) 5 cm. per min., cm	-	-	50	-	75	-	100	-	100	-

Spot test (when and as specified (see Note I) with):

Standard naphtha solvent

Negative for all grades

Naphtha-xylene solvent, percent xylene

Negative for all grades

Heptane-xylene solvent, percent xylene

Negative for all grades

NOTE-The use of the spot test is optional. When it is specified, the Engineer shall indicate whether the standard naphtha solvent, the naphtha-xylene solvent, or the heptane-xylene solvent will be used in determining compliance with the requirement, and also, in the case of the xylene solvents, the percentage of xylene to be used.

Fuente: AASHTO M 20-70, 1970

3.1.3.3. American Society of Testing Materials (ASTM)

En la ASTM D 946-82 el cemento asfalto debe cumplir con los requerimientos descritos

a continuación:

Tabla 4. Especificaciones técnicas ASTM D 946-82 Cemento asfáltico

	Penetration Grade									
	40-50		60-70		85-100		120-150		200-300	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Penetration at 77°F (25°C) 100 g, 5 s	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Flash point, °F (Cleveland open cup)	450	...	450	...	450	...	425	...	350	...
Ductility at 77°F (25°C) 5 cm/min, cm	100	...	100	...	100	...	100	...	100 ^A	...
Solubility in trichloroethylene, %	99.0	...	99.0	...	99.0	...	99.0	...	99.0	...
Retained penetration after thin-film oven test, %	55 +	...	52 +	...	47 +	...	42 +	...	37 +	...
Ductility at 77°F (25°C) 5 cm/min, cm after thin-film oven test test	...	...	50	...	75	...	100	...	100 ^A	...

^AIf ductility at 77°F (25°C) is less than 100 cm, material will be accepted if ductility at 60°F (15.5°C) is 100 cm minimum at the pull rate of 5 cm/min.

Fuente: ASTM D 946-82, 1999

3.1.3.4. Instituto Nacional del Vías (INVIAS)

La rama ejecutiva del gobierno de Colombia encargada de la regulación, supervisión y asignación para la construcción y mantenimiento de carreteras en el artículo 410-13 tabla 410-1 establece los requerimientos que debe cumplir el cemento asfáltico que se detallan a continuación:

Tabla 5. Especificaciones técnicas INVIAS ART.410-13 Cemento asfáltico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	GRADO DE PENETRACIÓN					
		40-50		60-70		80-100	
		MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
Asfalto original							
Penetración (25° C, 100 g, 5 s), 0.1 mm	E-706	40	50	60	70	80	100
Punto de ablandamiento, °C	E-712	52	58	48	54	45	52
Índice de penetración	E-724	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6
Viscosidad absoluta (60° C), P	E-716 o E-717	200	-	150	-	100	-
Ductilidad (25° C, 5 cm/min), cm	E-702	80	-	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno, %	E-713	99	-	99	-	99	-
Contenido de agua, %	E-704	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland, °C	E-709	240	-	230	-	230	-
Contenido de parafinas, %	E-718	-	3	-	3	-	3
Asfalto residual, luego de la prueba de acondicionamiento en película delgada rotatoria, norma de ensayo INV E-720							
Pérdida de masa por calentamiento, %	E-720	-	0.8	-	0.8	-	1.0
Penetración del residuo, en % de la penetración del asfalto original	E-706	55	-	50	-	46	-
Incremento en el punto de ablandamiento, °C	E-712	-	8	-	9	-	9
Índice de envejecimiento: relación de viscosidades (60° C) del asfalto residual y el asfalto original	E-716 o E-717	-	4	-	4	-	4

Fuente: INVIAS ART. 410-13, 2012

3.2. Asfalto diluido

3.2.1. Definición

Los asfaltos diluidos o fluidificados son conocidos también como CUT- BACKS, son aquellos que proceden de la dilución del cemento asfáltico con un disolvente resultante de la destilación del petróleo. Surgieron como una solución al problema de las elevadas temperaturas necesarias para alcanzar el calentamiento de betún para lograr viscosidades que permitan un fácil manejo (Velázquez, 1960).

Los fluidificantes son un aditivo que tienen como función principal reducir la viscosidad, además son capaces de modificar ciertas propiedades del cemento asfáltico como son su adhesividad y emulsibilidad, dependiendo de su tipo y proporción en la que es empleado (Fernandez, 1983). El porcentaje de fluidificante que contiene este tipo de asfalto es de un 18

a 50 por ciento, dependiendo de la rapidez de curado deseado (López, Pérez, Tello, De la Mata, & Ruiz, 2006).

Cuando el ligante ha sido extendido sobre la capa granular, su viscosidad se incrementa debido al proceso de curado, ya sea por enfriamiento o por evaporación. Si la viscosidad es elevada es necesario un calentamiento complementario para que reduzca notablemente su viscosidad.

Su empleo ha sido habitual en mezclas abiertas, tratamientos superficiales, tratamientos de penetración, riegos de imprimación, etc. Sin embargo, es importante destacar que se ha generado una notable restricción debido a los problemas de calentamiento y contaminación generados por la evaporación del fluidificante, además por el encarecimiento de los productos derivados del petróleo, lo que resulta un gasto inútil e intolerable.

3.2.2. Clasificación

Las especificaciones para los asfaltos fluidificados están dadas en función de la velocidad de curado, viscosidad cinemática (centistokes) y viscosidad Saybolt Furol (segundos) y lo cual se dividen en 3 categorías:

- 1. RC: Asfalto fluidificado de curado rápido (Rapid Curing)**, se generan al combinar cemento asfáltico con destilados del petróleo ligeros del tipo Nafta y Bencina (Valenzuela, 2003)
- 2.** El grado de penetración del cemento asfáltico es de 80/120. Dentro de esta clasificación hay proporciones diferentes de fluidificantes y de distinta viscosidad como son:

Tabla 6. Clasificación y Aplicación de los Asfaltos diluidos de curado rápido

En función viscosidad Saybolt Furol (s)	En función de su viscosidad cinemática (cSt)	Uso / Aplicación
RC-1	RC-70	Riegos de Liga
RC-2	RC-250	Mezcla Asfáltica abierta
RC-3	RC-800	Tratamientos Superficiales, Sellos de arena
RC-5	RC-3000	Sellos de Arena, macadam de penetración

Nota. En los 0 la proporción es: 50% cemento asfáltico y 50% fluidificante. En los 5 la proporción es de 82% Cemento asfáltico y 18 % de fluidificante. Entonces, a mayor numeración, menor fluidificante y mayor viscosidad (Álvarez, Pérez, Tello y Ruiz,2006). Fuente: Violeta Chamorro

3. MC: Asfalto fluidificado de curado medio (Medium Curing), el fluidificante empleado es la parafina o Kerosene, proporcionándole mayor trabajabilidad a temperaturas bajas.). El grado de penetración del cemento asfáltico es de 120/250. Estos productos están dotados de propiedades humectantes que da un revestimiento total a los agregados de gradación fina. Se clasifican en:

Tabla 7. Clasificación y Aplicación de los Asfaltos diluidos de curado medio

En función viscosidad Saybolt Furol (s)	En función de su viscosidad cinemática (cSt)	Uso / Aplicación
MC-0	MC-30	Riegos de Imprimación en bases estabilizadas
MC-2	MC-250	Mezclas abiertas y cerradas en sitio
MC-3	MC-800	Mezclas abiertas y cerradas en sitio
MC-4, MC-5	MC-3000	Zonas de temperaturas elevadas y agregados absorbentes

Nota. En los 0 la proporción es: 50% cemento asfáltico y 50% fluidificante. En los 5 la proporción es de 82% Cemento asfáltico y 18 % de fluidificante. Entonces, a mayor numeración, menor fluidificante y mayor viscosidad.

4. SC: Asfalto fluidificado de curado lento (Slow Curing), emplea disolventes como la gasolina y aceites pesados.). El grado de penetración del cemento asfáltico es de 200/300. Son empleados cuando se requiere una consistencia semejante al aglutinante, durante el tratamiento y posterior al proceso de curado (Albornoz, 2014). Este tipo de asfalto en la actualidad ya no es empleado, debido a sus propiedades. Sin embargo, se clasifican en:

Tabla 8. Clasificación de los Asfaltos diluidos de curado lento

En función viscosidad Saybolt Furol (s)	En función de su viscosidad cinemática (cSt)
SC-1	SC-70
SC-2	SC-250
SC-3	SC-800
SC-4	SC-3000

Nota. En los 0 la proporción es: 50% cemento asfáltico y 50% fluidificante. En los 5 la proporción es de 82% Cemento asfáltico y 18 % de fluidificante. Entonces, a mayor numeración, menor fluidificante y mayor viscosidad (Álvarez, Pérez, Tello y Ruiz,2006). Fuente: Violeta Chamorro

3.2.3. Especificaciones y ensayos de calidad para el asfalto diluido

Los asfaltos diluidos cumplen con los requerimientos de calidad, en base a las normas que se especifican a continuación:

3.2.3.1. MOP – 001F- 2002

En la sección 810-3.02 se establecen los requisitos para los productos de curado rápido, lento y medio respectivamente en las tablas 810-3.1, 810-3.2 Y 810-3.3. Es importante destacar que el asfalto fluidificado debe tener un aspecto homogéneo y estar libre de agua, para evitar la formación de espuma en el momento de su calentamiento para su posterior aplicación:

Tabla 9. Especificaciones Técnicas MOP 001F-2002 Asfalto Diluido / Curado Rápido

PROPIEDAD	TIPO DE CEMENTO							
	RC - 70		RC - 250		RC - 800		RC - 3000	
	mín.	MAX.	mín.	MAX.	mín.	MAX.	mín.	MAX.
VISCOSIDAD								
CINEMATICA, a 60 °C, centistokes	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
SAYBOLD - FUROL, s	60	120	125	250	100	200	300	600
temp. de ensayo	50	idem	60	idem	82,2	idem	82,2	idem
PUNTO DE INFLAMACION								
Vaso abierto, °C	--	--	27	--	27	--	27	--
AGUA, %	--	0,2	--	0,2	--	0,2	--	0,2
DESTILACION, % en volumen total								
destilado a 360 °C								
a 190 °C	10	--	--	--	--	--	--	--
a 225 °C	50	--	35	--	15	--	--	--
a 260 °C	70	--	60	--	45	--	25	--
a 315 °C	85	--	80	--	75	--	70	--
RESIDUO POR DESTILACION a 360 °C	55	--	65	--	75	--	80	--
ENSAYOS EN EL RESIDUO:								
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C, poises	600	2400	600	2400	600	2400	600	2400
PENETRACION, a 25 °C, 100 gr, 5 s.	80	120	80	120	80	120	80	120
DUCTILIDAD, a 25 °C, 5 cm/mm, cm.	100	--	100	--	100	--	100	--
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	99	--	99	--	99	--	99	--
TEMPERATURA DE EMPLEO:								
ROCIADO, °C	27	66	60	107	79	124	102	143
DE CARGA, °C		91		118		135		154

Fuente: Ministerio de obras públicas y comunicaciones, Asfalto diluido, 2002

Tabla 10. Especificaciones Técnicas MOP 001F-2002 Asfalto Diluido / Curado Lento

PROPIEDAD	TIPO DE CEMENTO							
	SC - 70		SC - 250		SC - 800		SC - 3000	
	mín.	MAX.	mín.	MAX.	mín.	MAX.	mín.	MAX.
VISCOSIDAD CINEMATICA, a 60 °C, centistokes	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
PUNTO DE INFLAMACION, Cleveland, °C	66	--	79	--	93	--	107	--
DESTILACION a 360 °C, total	10	30	4	20	2	12	--	5
AGUA, %	--	0,5	--	0,5	--	0,5	--	0,5
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	99	--	99	--	99	--	99	--
ENSAYOS EN EL RESIDUO: VISCOSIDAD CINEMATICA a 60 °C, poises	4	70	8	100	20	160	40	350
TEMPERATURA DE EMPLEO: MEZCLA CON AGREG. ROCIADO, °C DE CARGA, °C	32 41	68 79	52 60	93 107	71 79	107 124	93 102	127 143
		91		118		135		154

Fuente: Ministerio de obras públicas y comunicaciones, Asfalto diluido, 2002

3.2.3.2. American Association of State Highway and transportation official (AASHTO)

En la AASHTO M 81-92 se especifican los requerimientos que deben cumplir los asfaltos fluidificados de curado rápido que se detallan a continuación:

Tabla 11. Especificaciones Técnicas AASHTO M 81-92 Asfalto Diluido / Curado Rápido

	RC-70		RC-250		RC-800		RC-3000	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Kinematic viscosity at 60°C (140°F) (See Note 1.) mm ² /s	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
Flash point (Tag, open-cup), degrees C (F)	—	—	27 (80)	—	27 (80)	—	27(80)	—
Water, percent	—	0.2	—	0.2	—	0.2	—	0.2
Distillation test:								
Distillation, percentage by volume of total distillate to 360°C (680°F)—								
to 190°C (374°F)	10	—	—	—	—	—	—	—
to 225°C (437°F)	50	—	35	—	15	—	—	—
to 260°C (500°F)	70	—	60	—	45	—	25	—
to 315°C (600°F)	85	—	80	—	75	—	70	—
Residue from distillation to 360°C (680°F), volume percentage of sample by difference	55	—	65	—	75	—	80	—
Tests on residue from distillation:								
Absolute viscosity at 60°C (140°F) (See Note 2.) Pa·s (Poises)	60 (600)	240 (2400)	60 (600)	240 (2400)	60 (600)	240 (2400)	60 (600)	240 (2400)
Ductility, 5 cm/min at 25°C (77°F), cm	100	—	100	—	100	—	100	—
Solubility, in Trichloroethylene, percent	99.0	—	99.0	—	99.0	—	99.0	—
Spot test (See Note 3.) with:								
Standard naphtha	Negative for all grades							
Naphtha-xylene solvent, percent xylene	Negative for all grades							
Heptane-xylene solvent, percent xylene	Negative for all grades							
Note 1: As an alternate, Saybolt-Furol viscosities may be specified as follows: Grade RC-70—Furol viscosity at 50°C (122°F)—60 to 120 s. Grade RC-250—Furol viscosity at 60°C (140°F)—125 to 250 s. Grade RC-800—Furol viscosity at 82.2°C (180°F)—100 to 200 s. Grade RC-3000—Furol viscosity at 82.2°C (180°F)—300 to 600 s.								
Note 2: In lieu of viscosity of the residue, the specifying agency, at its option, can specify penetration at 100 g, 5 s at 25°C (77°F) of 80 to 120 for Grades RC-70, RC-250, RC-800, and RC-3000. However, in no case will both be required.								
Note 3: The use of the spot test is optional. When specified, the engineer shall indicate whether the standard naphtha solvent, the naphtha-xylene solvent, or the heptane-xylene solvent will be used in determining compliance with the requirement, and also, in the case of the xylene solvents, the percentage of xylene to be used.								

Fuente: AASHTO M 81-92, 2004

En la AASHTO M 82-75 se detallan las especificaciones de calidad para los asfaltos fluidificados de curado medio que se describe a continuación:

Tabla 12. Especificaciones Técnicas AASHTO M 82-75 Asfalto Diluido / Curado medio

	MC-30		MC-70		MC-250		MC-800		MC-3000	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Kinematic viscosity at 60°C (140°F) (See Note 1.) mm ² /s	30	60	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
Flash point (Tag, open-cup), degrees C (F)	38 (100)	—	38 (100)	—	66 (150)	—	66 (150)	—	66 (150)	—
Water, percent	—	0.2	—	0.2	—	0.2	—	0.2	—	0.2
Distillation test:										
Distillation, percentage by volume of total distillate to 360°C (680°F)—										
to 225°C (437°F)	—	25	0	20	0	10	—	—	—	—
to 260°C (500°F)	40	70	20	60	15	55	0	35	0	15
to 315°C (600°F)	75	93	65	90	60	87	45	80	15	75
Residue from distillation to 360°C (680°F), volume percentage of sample by difference	50	—	55	—	67	—	75	—	80	—
Tests on residue from distillation:										
Absolute viscosity at 60°C (140°F) (See Note 2.) Pa·s (Poises)	30 (300)	120 (1200)	30 (300)	120 (1200)	30 (300)	120 (1200)	30 (300)	120 (1200)	30 (300)	120 (1200)
Ductility, 5 cm/min, cm (See Note 3.)	100	—	100	—	100	—	100	—	100	—
Solubility in Trichloroethylene, percent	99.0	—	99.0	—	99.0	—	99.0	—	99.0	—
Spot test (See Note 4.) with:										
Standard naphtha	Negative for all grades									
Naphtha-xylene solvent, percent xylene	Negative for all grades									
Heptane-xylene solvent, percent xylene	Negative for all grades									

Note 1: As an alternate, Saybolt-Furol viscosities may be specified as follows:

- Grade MC-30—Furol viscosity at 25°C (77°F)—75 to 150s.
- Grade MC-70—Furol viscosity at 50°C (122°F)—60 to 120 s.
- Grade MC-250—Furol viscosity at 60°C (140°F)—125 to 250 s.
- Grade MC-800—Furol viscosity at 82.2°C (180°F)—100 to 200 s.
- Grade MC-3000—Furol viscosity at 82.2°C (180°F)—300 to 600 s.

Note 2: In lieu of viscosity of the residue, the specifying agency, at its option, can specify penetration at 100 g, 5 s at 25°C (77°F) of 120 to 250 for Grades MC-30, MC-70, MC-250, MC-800, and MC-3000. However, in no case will both be required.

Note 3: If the ductility at 25°C (77°F) is less than 100, the material will be acceptable if its ductility at 15.5°C (60°F) is more than 100.

Note 4: The use of the spot test is optional. When specified, the engineer shall indicate whether the standard naphtha solvent, the naphtha-xylene solvent, or the heptane-xylene solvent will be used in determining compliance with the requirement, and also, in the case of the xylene solvents, the percentage of xylene to be used.

Fuente: AASHTO M 82-75, 2004

3.2.3.3. American Society of Testing Materials (ASTM)

En la norma ASTM D2026M-27 describe los requerimientos para los productos de curado lento que se detallan a continuación:

Tabla 13. Especificaciones Técnicas ASTM D2026-27 Asfalto Diluido / Curado Lento

NOTE—If the ductility at 25°C [77°F] is less than 100, the material will be acceptable if its ductility at 15°C [59°F] is more than 100.

Designation	SC-70		SC-250		SC-800		SC-3000	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Kinematic viscosity at 60°C [140°F], mm ² /s	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
Flash point (Cleveland open cup), °C [°F]	66 [150]	...	79 [175]	...	93 [200]	...	107 [225]	...
Distillation test:								
Total distillate to 360°C [680°F], volume %	10	30	4	20	2	12	...	5
Solubility in trichloroethylene, %	99.0	...	99.0	...	99.0	...	99.0	...
Kinematic viscosity on distillation residue at 60°C [140°F], mm ² /s	400	7000	800	10 000	2000	16 000	4000	35000
Asphalt residue:								
Residue of 100 penetration, %	50	...	60	...	70	...	80	...
Ductility of 100 penetration residue at 25°C [77°F], cm	100	...	100	...	100	...	100	...
Water, %	...	0.5	...	0.5	...	0.5	...	0.5

Fuente: ASTM D2026-97, 2010

En la norma ASTM D2027M-10 describe los requerimientos para los productos de curado medio que se detallan a continuación:

Tabla 14. Especificaciones Técnicas ASTM D2027-10 Asfalto Diluido / Curado medio

NOTE—If the ductility at 25°C [77°F] is less than 100, the material will be acceptable if its ductility at 15°C [59°F] is more than 100.

Designation	MC-30		MC-70		MC-250		MC-800		MC-3000	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Kinematic viscosity at 60°C [140°F], mm ² /s	30	60	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
Flash point (Tag open-cup), °C [°F]	38 [100]	...	38 [100]	...	66 [150]	...	66 [150]	...	66 [150]	...
Distillate test:										
Distillate, volume percent of total distillate to 360°C [680°F]:										
to 225°C [437°F]	...	25	...	20	...	10	...	...	...	...
to 260°C [500°F]	40	70	20	60	15	55	...	35	...	15
to 316°C [600°F]	75	93	65	90	60	87	45	80	15	75
Residue from distillation to 360°C [680°F], percent volume by difference	50	...	55	...	67	...	75	...	80	...
Tests on residue from distillation:										
Viscosity at 60°C [140°F], Pa · s ^A , †	30	120	30	120	30	120	30	120	30	120
Ductility at 25°C [77°F], cm	100	...	100	...	100	...	100	...	100	...
Solubility in trichloroethylene, %	99.0	...	99.0	...	99.0	...	99.0	...	99.0	...
Water, %	...	0.2	...	0.2	...	0.2	...	0.2	...	0.2

^A Instead of viscosity of the residue, the specifying agency, at its option, can specify penetration 100 g: 5 s at 25°C [77°F] of 120 to 250 for Grades MC-30, MC-70, MC-250, MC-800, and MC-3000. However, in no case will both be required.

[†] Editorially corrected to match originally published D2027-97.

Fuente: ASTM D2027-10, 2010

En la norma ASTM D2028M-97 describe los requerimientos para los productos de curado rápido que se detallan a continuación:

Tabla 15. Especificaciones Técnicas ASTM D2028-9 Asfalto Diluido / Curado rápido

NOTE 1—If the ductility at 25°C (77°F) is less than 100, the material will be acceptable if its ductility at 15°C (59°F) is more than 100.

Designation	RC-70		RC-250		RC-800		RC-3000	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Kinematic viscosity at 60°C (140°F), mm ² /s	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
Flash point (Tag open-cup), °C (°F)	...	...	27 + (80 +)	...	27 + (80 +)	...	27 + (80 +)	...
Distillation test:								
Distillate, volume percent of total distillate to 360°C (680°F):								
to 190°C (374°F)	10	...	...	...	...	...	...	...
to 225°C (437°F)	50	...	35	...	15	...	...	...
to 260°C (500°F)	70	...	60	...	45	...	25	...
to 316°C (600°F)	85	...	80	...	75	...	70	...
Residue from distillation to 360°C (680°F), percent volume by difference	55	...	65	...	75	...	80	...
Tests on residue from distillation:								
Viscosity at 60°C (140°F), Pa · s ^A	60	240	60	240	60	240	60	240
Ductility at 25°C (77°F), cm	100	...	100	...	100	...	100	...
Solubility in trichloroethylene, %	99.0	...	99.0	...	99.0	...	99.0	...
Water, %	...	0.2	...	0.2	...	0.2	...	0.2

^A Instead of viscosity of the residue, the specifying agency, at its option, can specify penetration at 100 g: 5 s at 25°C (77°F) of 80 to 120 for Grades RC-70, RC-250, RC-800, and RC-3000. However, in no case will both be required.

3.3. Emulsiones asfálticas

3.3.1. Definición

Las emulsiones asfálticas desde el punto de vista fisicoquímico es una dispersión homogénea de finas gotas de asfalto, estabilizadas sobre una fase acuosa, por presencia de un agente emulsificante, que permite obtener como resultado un producto fluido (Mercado, Bracho, & Avendaño, 2008). Son sistemas conformados por una fase discontinua formada por el conjunto de gotas de asfalto, mientras que el medio en el cual se encuentran dispersas se denomina como fase continua o dispersante. En las carreteras, las emulsiones asfálticas empleadas están compuestas por partículas con diámetros comprendidos entre 3 y 8 μm . Su tamaño pequeño les proporciona propiedades de estabilidad, que se manifiesta por el movimiento browniano que sufren estas partículas (Fernandez, 1983).

3.3.2. Componentes de Emulsiones asfálticas

Los componentes básicos de las emulsiones asfálticas son:

- Ligante Bituminoso
- Agua
- Emulsificantes o emulgentes
- Aditivos en la emulsión o en los áridos

3.3.2.1. Ligantes bituminosos

Las emulsiones son producidas con cementos asfálticos o betún puro y asfaltos diluidos o betunes fluidificados en una proporción entre el 50% y un 75%. La facilidad de emulsibilidad de los asfaltos depende de ácidos libres que estos tengan, es decir, que los que estén proporcionados con un índice de acidez mayor, se emulsionan por vía aniónica y están dotadas de características de adhesividad con los agregados calizos. En cambio, los asfaltos que presenten un índice de acidez bajo, se emulsionan por vía catiónica, lo que genera problema

de adhesividad con agregados silíceos, tiempo prolongado para lograr la cohesión final y alto contenido de expulsión de agua (Fernandez, 1983)

3.3.2.2 Emulsificantes o emulgentes

Los emulgentes cumplen con 3 funciones fundamentales en las emulsiones que se describen a continuación:

- Protegen de forma superficial a las cargas de las partículas del asfalto, lo que permite que su repulsión entre si evitando que estas se rompan.
- Los ligantes bituminosos se activan iónicamente gracias a la presencia del emulsificante, logrando cubrir completamente a los áridos y posterior a la rotura de la emulsión este mantiene a largo plazo las condiciones de resistencia ante el desplazamiento del agua.
- La dispersión del asfalto en el agua se logra por la presencia del emulsificante.

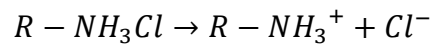
Los emulsificantes se componen principalmente de compuestos orgánicos de peso molecular elevado. Se compone de una parte hidrofóbica, es una cadena hidrocarbonada lineal o cíclica que es soluble en un medio orgánico que es el asfalto y una parte hidrofílica que es un grupo polar de tipo orgánico o inorgánica, soluble en un entorno acuoso. El Radical alquilo R es el principal componente de las emulsiones, que es hidrofóbico y posee un componente hidrofílico, que es saponificados y que en contacto con el agua se disocian, dotándolas con cargas positivas y negativas de acuerdo al tipo de emulsificante (Mercado et al., 2008).

Hay dos tipos de emulsificantes: los emulsificantes aniónicas están compuestos por grupos ácidos en la parte hidrofílica, cargado negativamente; estos tienen una fórmula química general: $R - COONa$, al estar en un medio acuoso se disocian obteniendo:



COO^- el grupo carboxilo se dirige hacia la parte hidrofílica, y el radical R se mantiene en la parte hidrofóbica.

Los emulsificantes catiónicas se componen de grupos aminos con carga eléctrica positiva y la formula general $R - NH_3Cl$ que se disocia en un medio acuoso así:



El grupo amino NH_3^+ se dirige hacia la parte hidrofílica, y el radical R se mantiene en la parte hidrofóbica.

La proporción de un emulgente en la emulsión generan cierta variación en sus propiedades como se describe a continuación:

- Los tamaños de las partículas de la emulsión se reducen notablemente con el emulsificante.
- La estabilidad de las emulsiones se incrementa
- El PH y contenido de emulgente es de gran importancia para la adhesividad de la emulsión con los agregados.

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se puede observar como varia el tamaño de las partículas en función del contenido de los emulsificantes:

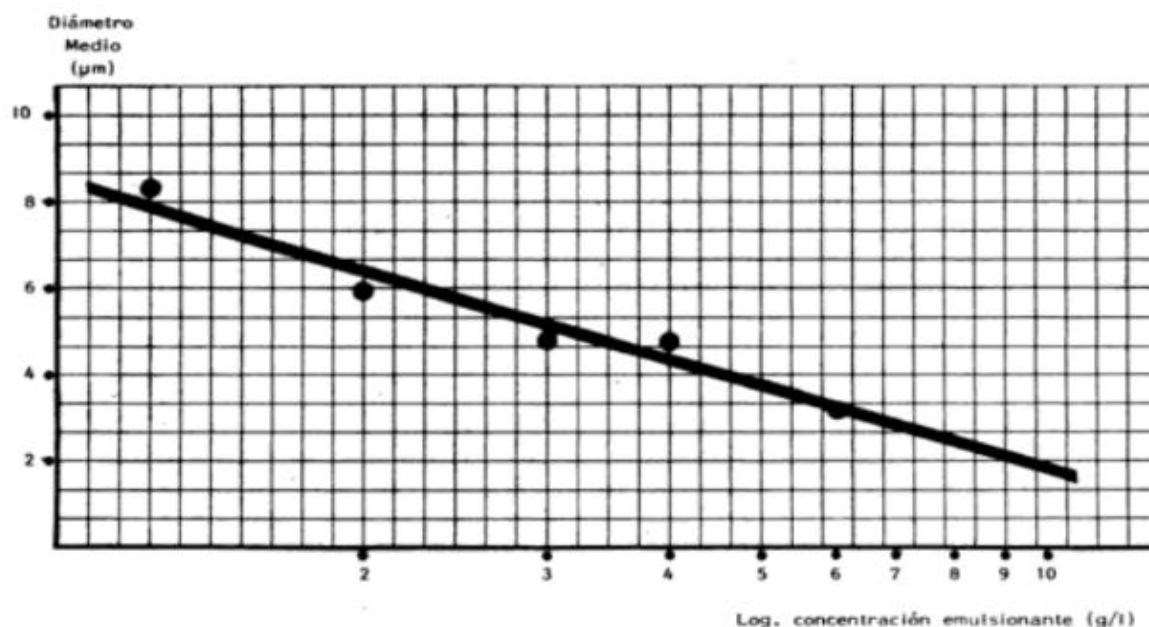


Figura 3. Variación del diámetro medio en función de la cantidad de emulsionante

Fuente: J.A. Fernández, 1986, Pavimentos Bituminosos en frío, p.72. Editores Técnicos Asociados, Barcelona: España

3.3.2.3. Agua

El agua desempeña una función fundamental dentro de la fabricación de las emulsiones asfálticas, ya que la concentración de minerales en el agua puede generar problemas para las emulsiones aniónicas. Por tal motivo se han desarrollado dos procedimientos para disminuir este efecto, a pesar que su costo puede ser elevado:

- Tratamiento de las aguas para reducir su dureza
- Cambiar las proporciones de los componentes de la emulsión asfáltica, por ejemplo, incrementar el contenido de emulsificante o a su vez modificar sus propiedades disminuir el efecto de la dureza.

3.3.2.4. Aditivos

En los emulsificantes se puede modificar sus propiedades como adhesividad, viscosidad, etc., introduciendo aditivos con el fin de mejorarlos. La naturaleza química de los

aditivos se constituye de clorhidratos de poliaminas grasas o la mezcla de diamina y poliamina. También se puede modificar las propiedades del asfalto empleado aditivos como son los polímeros de tipo elástico como son el caucho o plastómeros como es el PVC. Entre los tipos de aditivos se tienen los estabilizadores, mejoradores de cubrimiento de las partículas y agentes de control de rompimiento.

3.3.3. Tipos de emulsiones Asfálticas

Las emulsiones asfálticas se clasifican de acuerdo al tipo de emulgente empleado, es por ello que se tienen dos: aniónicas y catiónicas.

Las emulsiones aniónicas tienen un agente emulsificante que les proporciona una polaridad negativa a los glóbulos. Mientras que las emulsiones catiónicas tienen un agente emulsificante que les confiere una polaridad positiva.

El tiempo en que se mantienen las partículas de asfalto separadas, permite clasificarlas de acuerdo a la velocidad de coalescencia del asfalto, donde se da lugar al rompimiento o pérdida de estabilidad de las emulsiones. De acuerdo con la velocidad de rotura las emulsiones asfálticas se pueden clasificar en:

De Rompimiento Rápido (RS – Rapid Setting). Se emplean en riegos de liga y carpetas de acuerdo al sistema de riego.

De rompimiento Medio (MS – Medium Setting). Se emplean para carpetas de mezcla en frío fabricadas en planta, se caracterizan por que la cantidad de finos es del 2%. También es empleado en labores de conservación como bacheos, re nivelaciones y sobre carpetas.

De rompimiento lento (SS – Slow Setting). Se emplea principalmente para carpetas de mezcla en frío fabricadas en planta y para estabilizaciones asfálticas.

De rompimiento controlado (QS – Quick Setting). Se diseñan básicamente para aplicaciones en las que es necesario un tiempo de curado rápido.

De alta flotación (HF – high float). Emulsiones aniónicas de alta flotación

En el momento que el agregado está en contacto con la emulsión, se empieza la ruptura ya que el agua se separa del asfalto. Las emulsiones tipo RS reaccionan rápidamente en conjunto con cualquier tipo de áridos, las MS se mezclan únicamente con los áridos gruesos ya que no es afín con los áridos finos, mientras que las SS Y QS se mezclan perfectamente con los áridos finos, sin embargo, el momento de ruptura se da más rápidamente en la QS.

Es importante destacar que las emulsiones se denominan con letras y números para poder identificarlas. Cuando delante de tipo del tipo de velocidad de rotura se coloca la letra “C” significa que se trata de una emulsión catiónica, además posterior a la nomenclatura nombrada se coloca un número que hace referencia a la viscosidad 1 y 2 menor y mayor viscosidad correspondientemente. Seguido a lo anterior descrito se pone una “h” para asfalto de un determinado grado de dureza o “s” para el asfalto suave. Se suele añadir las letras “L”, “S” o “P” al final para indicar si tienen un aditivo o polímero (Ulloa Calderón, 1969).

3.3.4. Proceso de elaboración de Emulsiones asfálticas

Las emulsiones asfálticas son fabricadas en plantas o fábricas, donde su pieza fundamental es molino coloidal ya que es el que dispersa el asfalto del agua. Está constituido por un estator y un rotor, que son dos cilindros separados milimétricamente por donde transcurren de manera continua los dos líquidos. Además, la dispersión se da gracias a la presencia del emulsificante.

Generalmente, las plantas de emulsión están constituidas por:

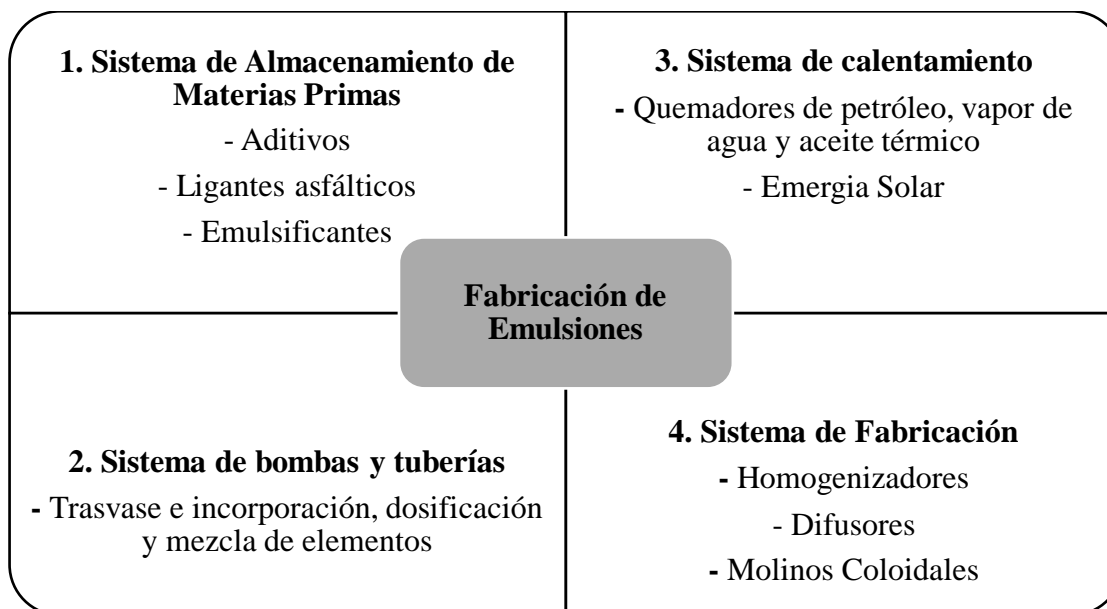


Figura 4. Componentes de una Planta de Emulsiones

Fuente: J.A. Fernández, 1986, Pavimentos Bituminosos en frio, p.72. Editores Técnicos Asociados, Barcelona: España

3.3.5. Propiedades elementales de las Emulsiones

El comportamiento de las emulsiones asfálticas en el momento que son puestas en obra, determina la funcionalidad que cumplen en relación a las siguientes características:

3.3.5.1. Estabilidad de las Emulsiones Asfálticas

3.3.5.1.1. Ante los áridos

Este fenómeno hace referencia a la rotura que la emulsión sufre al estar en contacto con el material pétreo. La dependencia que tiene esta en función del tipo de emulsión y agregado, sin embargo, el agregado caracteriza la velocidad de rotura que tendrá la emulsión. Cuando el agregado es fino, la rotura es rápida, esto se debe a que se incremente la superficie específica, dando lugar a la absorción del agua. Las cargas eléctricas del árido neutralizan a las cargas del asfalto, haciendo que no existan repulsión, y estas se acerquen entre sí para formar la capa asfáltica. La velocidad de rompimiento también depende de la humedad del agregado, tipo de emulsificante, naturaliza del asfalto, pH, y la granulometría de la emulsión. Las emulsiones

que poseen mayor estabilidad son las de rotura lenta ya que permite mezclarse con el filler, sin que exista rotura. En las emulsiones aniónicas la ruptura se ve afectada por pérdida de agua de la emulsión, evaporación de la fase acuosa y la absorción superficial del emulsificante en el árido

3.3.5.1.2. En el Almacenamiento

Las propiedades de las emulsiones pueden modificarse por factores de manejo y almacenaje que sufren durante su fabricación, entre los problemas que se presentan están:

- **Espumas.** Las emulsiones asfálticas al mezclarse con aire son capaces de generar espumas, por lo que se debe evitar agitar fuertemente o verter desde una altura considerable, en forma de cascada.
- **Sedimentos.** Hay dos fenómenos que se generan debido al almacenamiento: el primero forma una película delgada en la superficie debido al contacto con aire, la segunda es la decantación, en el fondo del recipiente que la contenga, incrementando notablemente su viscosidad.
- **Mezclas.** Las emulsiones tienen carácter ácido o base, así como pueden tener carga positiva o negativa, es decir, catiónicas o aniónicas. De acuerdo a lo descrito, si la emulsión es de carácter base se combina con un medio ácido o está en presencia con cargas positivas, existirá una rotura de la emulsión.
- **Temperatura.** Las emulsiones asfálticas se deben almacenar a temperaturas comprendidas entre 5°C y 80°C aproximadamente. A temperaturas menores a 5°C las emulsiones se consolidan, incrementando la viscosidad del asfalto residual y poseen una adhesividad baja además que aumenta su densidad y hay sedimentación. A temperaturas elevadas la estabilidad de la emulsión disminuye y se forma una película en la superficie debido a la evaporación del agua.

3.3.5.2. Adhesividad

La adhesividad es una propiedad muy compleja de evaluar y depende de varios factores como son:

- La proporción y tipo de emulsificante
- Ligante asfáltico, sus fluidificantes y aditivos
- El valor del pH en la emulsión, si es cercano a 7 genera mejor adhesividad, pero estabilidad menor, pero si es un valor alejado de 7 tendrá mayor estabilidad, pero mala adhesividad.
- Velocidad de rotura y granulometría de la emulsión

3.3.5.3. Viscosidad

La proporción de ligante asfáltico y dureza es un factor que influye notablemente en la viscosidad de la emulsión. De forma que si hay un porcentaje del 65-70% la viscosidad se incrementará rápidamente. Depende también de la granulometría, ya que partículas de áridos de tamaño uniforme generan emulsiones con mayor viscosidad que las que tienen partículas bien graduadas. Esta propiedad es de gran importancia para seleccionar la emulsión más óptima para cada tratamiento. Emulsiones de baja viscosidad son empleadas en riegos de imprimación, riegos de adherencia y estabilización de suelos debido a que la cantidad de asfalto por unidad de superficie es pequeña. En las lechadas asfálticas la viscosidad que tenga la emulsión es de poca importancia ya que la consistencia de la misma esta en dependencia de la proporción de agua de humectación de la superficie.

Fuente: Ministerio de obras públicas y comunicaciones, Emulsiones Asfálticas, 2002

Tabla 17. Especificaciones Técnicas MOP 001F-2002 Emulsiones Asfálticas Catiónicas

PROPIEDAD	ROTURA RAPIDA		ROTURA MEDIA						ROTURA LENTA			
	CRS-1		CRS-2	CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
VISCOSIDAD:												
FUROL, a 25 gC, s.	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20	100
FUROL, a 50 gC, s.	20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-	-
ESTABILIDAD AL ALMACENAJE 24 h, %	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
DEMULSIFICACION: 35 ml .8% sds, %	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUBRIMIENTO												
agregado seco	-	-	-	-	bueno		bueno		-	-	-	-
luego rociado	-	-	-	-	pobre		pobre		-	-	-	-
agregado humedo	-	-	-	-	pobre		pobre		-	-	-	-
luego rociado	-	-	-	-	pobre		pobre		-	-	-	-
CARGA DE PARTICULA	+		+		+		+		+		+	
MEZCLA CON CEMENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	2,0
ENS. DEL TAMIZ	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
DESTILACION: ACEITE DESTILADO %	-	3	-	3	-	12	-	12				
RESIDUO, %	60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-
ENSAYOS EN EL RESIDUO:												
PENETRACION, a 25 grados, 100 gr, 5 s.	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90
DUCTILIDAD, a 25 grados, 5 cm/m, cm.	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-
TEMPERATURA DE EMPLEO:												
ALMACENAMIENTO	50	85	50	85	50	85	50	85	10	60	10	60
MEZCLA EN PLANTA	-	-	-	-	10	70	10	70	10	70	10	70
MEZCLA EN SITIO	-	-	-	-	20	70	20	70	20	70	20	70
TRATAMIENTO SUPERFICIAL	50	85	50	85	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Ministerio de obras públicas y comunicaciones, Emulsiones Asfálticas, 2002

3.3.6.2. American Association of State Highway and transportation official (AASHTO)

En la AASHTO M 140-03 se especifican los requerimientos que deben cumplir las emulsiones asfálticas aniónicas se detallan a continuación:

Tabla 18. Especificaciones Técnicas AASHTO M140-03 Emulsiones asfálticas aniónicas

NOTE 1—QS-1H emulsions shall meet the requirements outlined in D 3910 Standard Practices for Design, Testing and Construction of Slurry Seal.

NOTE 2—QS-1h is used for Quick Set Slurry Seal systems.

Type	Rapid-Setting						Medium-Setting					
	RS-1		RS-2		HFRS-2		MS-1		MS-2		MS-2h	
Grade	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<i>Tests on emulsions:</i>												
Viscosity, Saybolt Furol at 77°F (25°C), s	20	100	...	...	...	...	20	100	100	...	100	...
Viscosity, Saybolt Furol at 122°F (50°C), s	...	...	75	400	75	400	...	...	...	...	...	...
Storage stability test, 24-h, % ^A	...	1	...	1	...	1	...	1	...	1	...	1
Demulsibility, 35 ml, 0.02 N CaCl ₂ , %	60	...	60	...	60	...	...	...	...	...	...	...
<i>Coating ability and water resistance:</i>												
Coating, dry aggregate	...	...	...	...	...	...	good	...	good	...	good	...
Coating, after spraying	...	...	...	...	...	...	fair	...	fair	...	fair	...
Coating, wet aggregate	...	...	...	...	...	...	fair	...	fair	...	fair	...
Coating, after spraying	...	...	...	...	...	...	fair	...	fair	...	fair	...
Cement mixing test, %	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Sieve test, % ^A	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10
Residue by distillation, %	55	...	63	...	63	...	55	...	65	...	65	...
Oil distillate by volume of emulsion, %	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Tests on residue from distillation test:</i>												
Penetration, 77°F (25°C), 100g, 5 s	100	200	100	200	100	200	100	200	100	200	40	90
Ductility, 77°F, (25°C), 5 cm/min, cm	40	...	40	...	40	...	40	...	40	...	40	...
Solubility in trichloroethylene, %	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...
Float test, 140°F (60°C), s	...	...	...	...	1200	...	...	...	...	...	...	...

Type	Medium-Setting				Slow-Setting				Quick Setting					
	HFMS-1		HFMS-2		HFMS-2h		HFMS-2s		SS-1		SS-1h		QS-1H	
Grade	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<i>Tests on emulsions:</i>														
Viscosity, Saybolt Furol at 77°F (25°C), s	20	100	100	...	100	...	50	...	20	100	20	100	20	100
Viscosity, Saybolt Furol at 122°F (50°C), s	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Storage stability test, 24-h, % ^A	...	1	...	1	...	1	...	1	...	1	...	1	...	1
Demulsibility, 35 ml, 0.02 N CaCl ₂, %	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Coating ability and water resistance:</i>														
Coating, dry aggregate	good	...	good	...	good	...	good	...	...	...	...	...	...	...
Coating, after spraying	fair	...	fair	...	fair	...	fair	...	...	...	...	...	...	...
Coating, wet aggregate	fair	...	fair	...	fair	...	fair	...	...	...	...	...	...	...
Coating, after spraying	fair	...	fair	...	fair	...	fair	...	...	...	...	...	...	...
Cement mixing test, %	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2.0	...	2.0	...	N/A
Sieve test, % ^A	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10
Residue by distillation, %	55	...	65	...	65	...	65	...	57	...	57	...	57	...
Oil distillate by volume of emulsion, %	...	...	...	...	...	...	1	7	...	...	...	...	...	...
<i>Tests on residue from distillation test:</i>														
Penetration, 77°F (25°C), 100 g, 5 s	100	200	100	200	40	90	200	...	100	200	40	90	40	90
Ductility, 77°F, (25°C), 5 cm/min, cm	40	...	40	...	40	...	40	...	40	...	40	...	40	...
Solubility in trichloroethylene, %	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...
Float test, 140°F (60°C), s	1200	...	1200	...	1200	...	1200	...	...	...	...	...	...	...

^AThis test requirement on representative samples is waived if successful application of the material has been achieved in the field.

En la AASHTO M 208-01 (2005) se especifican los requerimientos que deben cumplir las emulsiones asfálticas catiónicas se detallan a continuación:

Tabla 19. Especificaciones Técnicas AASHTO M208-01 Emulsiones asfáltica catiónicas

Type Grade	Rapid-Setting				Medium-Setting				Slow-Setting				Quick-Setting	
	CRS -1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		CQS-1h	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Test on emulsions:														
Viscosity, Saybolt Furol at 25°C (77°F), s									20	100	20	100	20	100
Viscosity, Saybolt Furol at 50°C (122°F), s	20	100	100	400	50	450	50	450						
Storage stability test, 24 h, percent ^b		1		1		1		1		1		1		
Demulsibility, 35 mL, 0.8 percent Sodium dioctyl sulfosuccinate, percent	40		40											
Coating, ability and water resistance:														
Coating, dry aggregate					good		good							
Coating, after spraying					fair		fair							
Coating, wet aggregate					fair		fair							
Coating, after spraying					fair		fair							
Particle charge test		positive		positive		positive		positive		positive		positive		positive
Sieve test, percent ^b		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10
Cement mixing test, percent										2.0		2.0		
Distillation:														
Oil distillate, by volume of emulsion, percent		3		3		12		12						
Residue, percent	60		65		65		65		57		57		57	
Tests on residue from distillation test:														
Penetration, 25°C (77°F), 100 g, 5 s	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90
Ductility, 25°C (77°F), 5 cm/min, cm	40		40		40		40		40		40		40	
Solubility in trichlorethylene, percent	97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5	

^a Refer to R 5 for typical applications.

^b This test requirement on representative samples may be waived if successful application of the material has been achieved in the field.

Fuente: AASHTO M 208-01, 2001

3.3.6.3. American Society of Testing Materials (ASTM)

En la norma ASTM D 977 -05 describe los requerimientos para las emulsiones asfálticas aniónicas que se detallan a continuación:

Tabla 20. Especificaciones Técnicas ASTM D 977 -05 Emulsiones asfáltica aniónicas

NOTE 1—QS-1H emulsions shall meet the requirements outlined in Practices D 3910 .
NOTE 2—QS-1h is used for Quick Set Slurry Seal systems.

Type	Rapid-Setting						Medium-Setting					
	RS-1		RS-2		HFRS-2		MS-1		MS-2		MS-2h	
Grade	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<i>Tests on emulsions:</i>												
Viscosity, Saybolt Furol at 25°C (77°F), SFS	20	100	...	...	...	...	20	100	100	...	100	...
Viscosity, Saybolt Furol at 50°C (122°F), SFS	...	...	75	400	75	400	...	...	...	...	...	...
Storage stability test, 24-h, % ^A	...	1	...	1	...	1	...	1	...	1	...	1
Demulsibility, 35 ml, 0.02 N CaCl ₂ , %	60	...	60	...	60	...	...	...	...	...	...	...
<i>Coating ability and water resistance:</i>												
Coating, dry aggregate	...	...	...	...	...	...	good	...	good	...	good	...
Coating, after spraying	...	...	...	...	...	...	fair	...	fair	...	fair	...
Coating, wet aggregate	...	...	...	...	...	...	fair	...	fair	...	fair	...
Coating, after spraying	...	...	...	...	...	...	fair	...	fair	...	fair	...
Cement mixing test, %	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Sieve test, % ^A	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10
Residue by distillation, %	55	...	63	...	63	...	55	...	65	...	65	...
Oil distillate by volume of emulsion, %	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Tests on residue from distillation test:</i>												
Penetration, 25°C (77°F), 100g, 5 s	100	200	100	200	100	200	100	200	100	200	40	90
Ductility, 25°C (77°F) 5 cm/min, cm	40	...	40	...	40	...	40	...	40	...	40	...
Solubility in trichloroethylene, %	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...
Float test, 60°C (140°F), s	...	...	...	...	1200	...	...	...	...	...	...	...

Type	Medium-Setting				Slow-Setting				Quick Setting					
	HFMS-1		HFMS-2		HFMS-2h		HFMS-2s		SS-1		SS-1h		QS-1H	
Grade	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<i>Tests on emulsions:</i>														
Viscosity, Saybolt Furol at 25°C (77°F), SFS	20	100	100	...	100	...	50	...	20	100	20	100	20	100
Viscosity, Saybolt Furol at 50°C (122°F), SFS	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Storage stability test, 24-h, % ^A	...	1	...	1	...	1	...	1	...	1	...	1	...	1
Demulsibility, 35 ml, 0.02 N CaCl ₂, %	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Coating ability and water resistance:</i>														
Coating, dry aggregate	good	...	good	...	good	...	good	...	...	...	...	...	...	...
Coating, after spraying	fair	...	fair	...	fair	...	fair	...	...	...	...	...	...	...
Coating, wet aggregate	fair	...	fair	...	fair	...	fair	...	...	...	...	...	...	...
Coating, after spraying	fair	...	fair	...	fair	...	fair	...	...	...	...	...	...	...
Cement mixing test, %	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2.0	...	2.0	...	N/A
Sieve test, % ^A	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10	...	0.10
Residue by distillation, %	55	...	65	...	65	...	65	...	57	...	57	...	57	...
Oil distillate by volume of emulsion, %	...	...	...	...	...	...	1	7	...	...	...	...	...	...
<i>Tests on residue from distillation test:</i>														
Penetration, 25°C (77°F), 100 g, 5 s	100	200	100	200	40	90	200	...	100	200	40	90	40	90
Ductility, 25°C (77°F), 5 cm/min, cm	40	...	40	...	40	...	40	...	40	...	40	...	40	...
Solubility in trichloroethylene, %	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...	97.5	...
Float test, 60°C (140°F), s	1200	...	1200	...	1200	...	1200	...	...	...	...	...	...	...

^A This test requirement on representative samples is waived if successful application of the material has been achieved in the field.

Fuente:

En la norma ASTM D 2397 -05 describe los requerimientos para las emulsiones asfálticas catiónicas que se detallan a continuación:

Tabla 21. Especificaciones Técnicas ASTM D 2397 -05 Emulsiones asfáltica catiónicas

NOTE 1—CQS-1H emulsions shall meet the requirements outlined in Practices D 3910.

NOTE 2—CQS-1h is used for Quick Set Slurry Seal systems.

Type	Rapid-Setting				Medium-Setting				Slow-Setting				Quick Setting	
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		CQS-1H	
Grade	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Test on emulsions:														
Viscosity, Saybolt Furol at 25°C (77°F) SFS									20	100	20	100	20	100
Viscosity, Saybolt Furol at 50°C (122°F) SFS	20	100	100	400	50	450	50	450						
Storage stability test, 24-h, % ^A		1		1		1		1		1		1		
Demulsibility, 35 mL, 0.8 % dioctyl sodium sulfosuccinate, %	40	...	40	...										
Coating ability and water resistance:														
Coating, dry aggregate					good		good							
Coating, after spraying					fair		fair							
Coating, wet aggregate					fair		fair							
Coating, after spraying					fair		fair							
Particle charge test	positive		positive		positive		positive		positive		positive		positive	
Sieve test, % ^A		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10
Cement mixing test, %										2.0		2.0		N/A
Distillation:														
Oil distillate, by volume of emulsion, %		3		3		12		12						
Residue, %	60		65		65		65		57		57		57	
Tests on residue from distillation test:														
Penetration, 25°C (77°F), 100 g, 5 s	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90
Ductility, 25°C (77°F), 5 cm/min, cm	40		40		40		40		40		40		40	
Solubility in trichloroethylene, %	97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5	

^AThis test requirement on representative samples is waived if successful application of the material has been achieved in the field.

Fuente: ASTM D 2397 -05, 2005

Capítulo 4

Tratamientos Superficiales con riego sin gravilla: Riego de Imprimación

4.1. Generalidades

Las características superficiales de la capa de rodadura pueden mejorarse con tratamientos superficiales que le proporcionen impermeabilidad, seguridad y una adecuada textura para el tránsito de los vehículos. Estos tratamientos pueden estar compuestos con riegos o mezclas de un espesor tal que no influya en la capacidad de soporte de los pavimentos (Fernandez, 1983).

Los riegos sin gravilla consisten en la extensión de una película delgada, uniforme y continua de ligante asfáltico. Dentro de este tipo de tratamientos están: riegos de imprimación, riegos de adherencia, riegos de curado, riegos de regeneración, riegos anti polvo y riegos en negro. Los factores fundamentales que se deben tener en consideración es la viscosidad y tiempo de curado, debido al espesor de la película. En algunos casos se emplea áridos finos que sirven para cubrir el riego de agentes externos.

4.2. Definición del Riego de Imprimación

La Asociación Mexicana del Asfalto AMAAC define al riego de imprimación como la aplicación de ligante asfáltico sobre una base de material granular o sub – base componente del pavimento (2012). El objetivo final es impermeabilizar, consolidar la superficie y colaborar con la adhesión entre la capa granular y la capa asfáltica para una mejor transmisión de cargas.

Los ligantes empleados para este tipo de riego son asfaltos diluidos o emulsiones asfálticas cuya viscosidad sea escasa y prolongada en el tiempo para que de esta forma penetre por capilaridad. Este fenómeno variará según el tipo de base a imprimir, ya que los suelos que contengan una granulometría muy fina son impermeables sobre todo si contienen arcillas (AMAAC, 2012).

4.3.Importancia del Riego de imprimación

Durante el proceso constructivo del pavimento se aplica el riego de imprimación para lograr la adherencia entre las capas granular – asfáltica, lo cual es crítico para la transferencia de esfuerzos de tracción y cortante. La interfaz de adherencia generada por el riego de imprimación provee de resistencia ante las cargas que tratan de deformar el pavimento ya que pueden ocurrir fallas por cortante (NCHRP, 2012). La falta de adherencia provoca que los esfuerzos de tensión se concentren causando agrietamiento por efecto de fatiga en la superficie, que repercute en el deterioro del pavimento que funciona como un sistema monolítico.

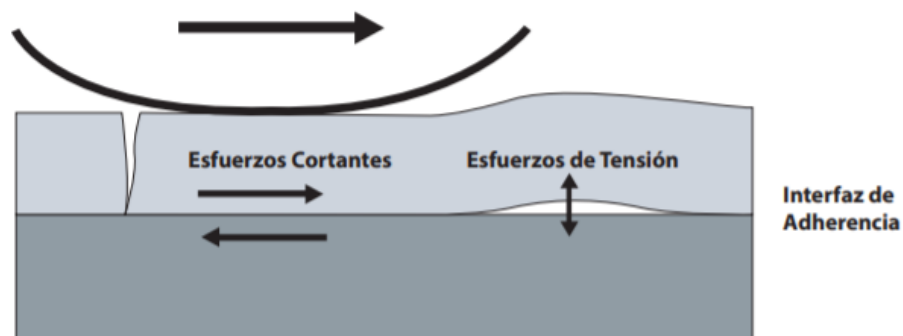


Figura 5.Estado de esfuerzos en la interfaz de adherencia

Fuente: NCHRP, 2012, Optimization of Tack Coat for HMA Placement, Mohammad, et. al.

Transportation Research Board Washington, D.C.

Dentro de las características del riego de imprimación, se destaca dos que son fundamentales: (1) debe ser una membrana delgada, (2) debe tener una distribución uniforme y continua, cubriendo toda el área que estará en contacto con la nueva capa. La adherencia resultante entre las capas depende del modo de aplicación, control de las dotaciones y de cómo se han realizado las capas. Es de gran importancia realizar una inspección de la calidad final de la interface de adherencia realizando ensayos que determinen la conformidad con las condiciones y requerimientos de las especificaciones técnicas (Guerrero, 2015).

4.4. Evaluación actual del uso del Riego de Imprimación en el Ecuador

En el Ecuador la aplicación del Riego de Imprimación esta normado por el Ministerio de obras públicas y comunicaciones en las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes (MOP-001-F 2002). En este manual se establecen el procedimiento de suministro y distribución del riego de imprimación aplicando asfalto diluido o emulsión asfáltica sobre una capa existente (base o sub-base).

4.4.1. Requisitos de los Materiales

4.4.1.1.Ligantes Asfálticos

Los ligantes asfálticos empleados para el riego de imprimación son el asfalto diluido y emulsiones asfálticas, el tipo respectivo se especifica en las disposiciones del contrato. El control de calidad para los asfaltos diluidos cumplirá con las especificaciones técnicas detalladas en la subsección 810-3 y para las emulsiones asfálticas se detalla en la subsección 810-4. El fiscalizador del proyecto será el encargado de realizar cambios en el tipo de asfalto a emplearse si fuera necesario, garantizando que el costo unitario no se modifique en el contrato.

4.4.1.2.Agregado de cobertura y Secado

4.4.1.2.1. Definición

Es una capa de agregado de fino espesor aplicado sobre el riego de imprimación, con el objetivo de protegerlo del tránsito o agentes de la intemperie, además que ayuda en la absorción de ligante asfáltico excesivo.

Las especificaciones técnicas para este tipo de agregado establecen las exigencias en cuanto su naturaleza, procedencia y el estado físico que requiera el proyecto.

4.4.1.2.2. Características Generales

El agregado a emplearse será arena natural o triturada que cumpla con los requerimientos de granulometría de una capa de sellado detalladas en la subsección 405-6 y las exigencias de la subsección 812-3.

La granulometría que deberá cumplir el agregado se especifica en la tabla a continuación:

Tabla 22. Granulometría para capa de sellado

Tabla 405-6.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	Agregado Natural	Agregado Triturado		
		TIPO A	TIPO B	TIPO C
1/2" (12.7 mm.)	--	--	--	100
3/8" (9.5 mm.)	100	100	100	90-100
Nº 4 (4.75 mm.)	85-100	85-100	60-100	10-30
Nº 8 (2.38 mm.)	--	0-25	0-10	0-8
Nº 50 (0.30 mm.)	0-20	--	--	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0-5	0-2	0-2	0-2

Fuente: Ministerio de obras públicas y comunicaciones, subsección 812-3, 2002

Los requerimientos de calidad se detallan en la sub sección 812-2 como se describen en la tabla a continuación:

Tabla 23.Exigencia de calidad para el agregado de la capa de sellado

Especificaciones		MOP – SUBSECCIÓN 812-2.03		
		REQUISITOS DE CALIDAD PARA LOS AGREGADOS		
Ensayo	Unidades	Norma	Min.	Max.
Degradación del Árido Grueso (500 Revoluciones)	%	INEN 860		35
Índice de Plasticidad (Tamiz Nro.40)		INEN 691	-	4
Solidez de los áridos mediante el Uso de sulfato de sodio (5 ciclos)	%	INEN 863		12%
Relleno Mineral		AASHTO M17		
Peso Específico y absorción del agregado grueso		ASTM C127 INEN 856		
Peso Específico y absorción del agregado fino		ASTM C128 INEN 857		
Peso Unitario y vacíos en los agregados		ASTM C29 INEN 854		

4.4.2. Equipos

El equipo empleado para la aplicación del riego de imprimación será provisto por el contratista y aprobado por el fiscalizador. Se utilizará una barredora mecánica, un distribuidor de asfalto a presión autopropulsado y un soplador incorporado o independiente, como requerimientos mínimos especificados en la subsección 405-1.03.

4.4.2.1.Barredora Mecánica

La barredora mecánica es empleada para la limpieza de la superficie donde será aplicado el riego de imprimación. Durante del proceso constructivo, es de gran importancia, ya que permite la adherencia entre capas, evitando el deslizamiento entre sí que genera fallas a corto o largo plazo, que se pueden potenciar por la presencia de residuos.

4.4.2. Distribuidor de Asfalto

El distribuidor de asfalto tiene la capacidad de extender de manera uniforme y constante el material asfáltico expulsándolo a presión a través de las boquillas de la barrera rociadora. Está equipado con un tacómetro encargado del control de las dotaciones. Además, cuenta con un sistema de calentamiento del líquido con recirculación para obtener la temperatura adecuada para el suministro.

4.4.3. Ejecución de trabajos

4.4.3.1. Aplicación del material asfáltico

El ligante asfáltico empleado para el riego de imprimación será aplicado sobre la superficie existente de manera uniforme y que previamente haya sido humectada. El suministro se realiza sobre una longitud especificada, fraccionada en 2 o más franjas con el objetivo de mantener la circulación de los vehículos en la zona donde la superficie esta libre del riego de imprimación. Es indispensable el rociador manual para las zonas de empalme entre las franjas, así como también en sitios donde se requiera.

En las zonas de acople de las franjas longitudinales para evitar que se sobrepongan se empleará papel de espesor considerable al final del suministro, además las boquillas de la barrera rociadora serán controladas de tal manera que interrumpan la aplicación al momento de finalizar el riego a través del papel. Para evitar exceso de ligante bituminoso al iniciar la imprimación, después de la última aplicación se situará un papel al instante que las boquillas de abran.

Durante la aplicación del riego de la imprimación, el contratista debe garantizar que las superficies cercanas no sean contaminadas con material bituminoso, como es el caso de bordillos y aceras. Se debe realizar gestión ambiental con los residuos de riego para evitar que se contamine ríos.

4.4.3.2. Dotación de los ligantes asfálticos

El fiscalizador determinará la dosificación de los ligantes bituminosos de acuerdo a su tipo y de la superficie a ser imprimada. En la tabla que se presenta a continuación se describen las dotaciones de acuerdo al Manual del Instituto del Asfalto (1973):

Tabla 24. Dosificación de los ligantes asfálticos

Tipo de Ligante bituminoso	Dotación (L/m²)
ASFALTO DILUIDO	
Asfalto diluido de curado medio (MC)	1.00 a 2.25
EMULSIONES ASFÁLTICAS	
SS-1	0.5 a 1.4
SS-1h	
CSS-1	
CSS-1h	

En el caso que la superficie se encuentre saturada, la aplicación podrá suministrarse en dos etapas de acuerdo a la cantidad y el material a emplearse.

4.4.3.3. Limitaciones en la aplicación

El suministro de los ligantes bituminosos no se efectuará en el caso de que las condiciones climáticas sean adversas, es decir, se presenten lluvias o este nublado parcialmente. La temperatura de aplicación de los ligantes asfálticos está establecida de acuerdo a su tipo en las especificaciones técnicas.

4.4.3.4. Extensión de Arena sobre el área imprimada

Es necesaria en ciertos casos, por ejemplo, si el asfalto no ha sido absorbido sobre la superficie durante las 24 horas posterior a su suministro y distribución, se aplicará la capa de arena para proteger la penetración y daños ocasionados por lluvias, y sobre todo si se permite la circulación de los vehículos. La aplicación de la arena será uniforme de acuerdo con lo establecido por el fiscalizador, evitando la formación de montones de arena, por lo que el contratista debe garantizar que toda la superficie esté cubierta de manera óptima para lograr su penetración y secado adecuado, luego se procederá a retirar los sobrantes de arena.

4.4.3.5. Control de circulación de vehículos

Se limitará la circulación de los vehículos durante el periodo de tiempo que tome que la zona imprimada alcance la penetración del ligante asfáltico aplicado sobre la superficie. Cuando sea necesaria la circulación de los vehículos, después de transcurridas las cuatro horas posteriores a la distribución del asfalto se aplicará la capa de sellado o protección y se realizará un control del tránsito que circulará a una velocidad de 20 km/h. El fiscalizador establecerá el tiempo necesario para proceder a la colocación de la siguiente capa sobre la capa imprimada.

4.4.3.6. Medición

El riego de imprimación se pagará considerando las cantidades de producto asfáltico y agregado empleado para la ejecución de la obra y aprobadas por el fiscalizador del proyecto. La cantidad de asfalto será medida en litros, registrando el volumen a la temperatura de 15.6°C. En la subsección 810- 5.01 se presentan los factores de corrección de temperatura para medir el volumen a cierta temperatura:

Tabla 25. Factores de corrección de temperatura del ligante asfáltico

Tabla 810 -5.1

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA

Temperatura	Factor de Corrección			Temperatura	Factor de Corrección		
	K1	K2	K3		K1	K2	K3
0	1,0098	1,0112	--	135	0,9269	0,9175	--
5	1,0067	1,0076	--	140	0,9240	0,9142	--
10	1,0035	1,0040	1,0025	145	0,9210	0,9109	--
15	1,0003	1,0004	1,0003	150	0,9181	0,9076	--
20	0,9972	0,9968	0,9980	155	0,9151	0,9043	--
25	0,9941	0,9932	0,9958	160	0,9122	0,9010	--
30	0,9909	0,9897	0,9935	165	0,9092	0,8978	--
35	0,9878	0,9861	0,9913	170	0,9063	0,8945	--
40	0,9847	0,9826	0,9890	175	0,9034	0,8913	--
45	0,9816	0,9791	0,9868	180	0,9005	0,8881	--
50	0,9785	0,9756	0,9845	185	0,8976	0,8848	--
55	0,9754	0,9721	0,9823	190	0,8947	0,8816	--
60	0,9723	0,9686	0,9800	195	0,8918	0,8784	--
65	0,9693	0,9651	0,9778	200	0,8889	0,8753	--
70	0,9662	0,9616	0,9755	205	0,8861	0,8721	--
75	0,9631	0,9582	0,9733	210	0,8832	0,8689	--
80	0,9601	0,9547	0,9710	215	0,8803	0,8658	--
85	0,9570	0,9513	0,9688	220	0,8775	0,8626	--
90	0,9536	0,9478	--	225	0,8746	0,8595	--
95	0,9509	0,9444	--	230	0,8718	0,8564	--
100	0,9479	0,9410	--	235	0,8690	0,8533	--
105	0,9449	0,9376	--	240	0,8661	0,8502	--
110	0,9419	0,9343	--	245	0,8633	0,8471	--
115	0,9389	0,9309	--	250	0,8605	0,8440	--
120	0,9359	0,9275	--	255	0,8577	0,8410	--
125	0,9329	0,9242	--	260	0,8548	0,8379	--
130	0,9299	0,9208	--				

Notas:

La temperatura se expresa en grados centígrados

El factor K1 corresponde a productos con densidades mayores a 0,966 gr/cm³

El factor K2 corresponde a productos con densidades entre 0,860 y 0,966 gr/cm³

El factor K3 se aplica a emulsiones asfálticas.

Fuente: Ministerio de obras públicas y comunicaciones, subsección 810-5.1, 2002

4.4.3.7. Forma de pago

Los costos y pago de este rubro incluyen los trabajos de preparación de la superficie, transporte, suministro, sistema de calentamiento y distribución de los ligantes asfálticos,

además el transporte, suministro y extensión de la capa de sellado. Esto vincula también los costos directos e indirectos de su ejecución

Tabla 26. Rubros de pago y designación

Nro. De Rubro de pago y designación	Unidad de medida
Asfalto MC para imprimación	Litro (l)
Asfalto MC para imprimación	Litro (l)
Arena para protección y secado	Metro cúbico (m3)
Asfalto emulsificado SS-1	Litro (l)
Asfalto emulsificado SS-1h	Litro (l)
Asfalto emulsificado CSS-1	Litro (l)
Asfalto emulsificado CSS-1h	Litro (l)

Capítulo 5

5.1. Ensayos en los agregados

Los agregados empleados en la investigación serán de la gradación y el tipo especificado para la constitución de una base clase 1 en la normativo de la MOP – 001F subsección 404-1. Los áridos empleados son gruesos y finos, triturados en su totalidad. El contratista empleara el proceso de trituración que crea conveniente con el fin de obtener los agregados del tamaño requerido. Estos estarán libres de cualquier impureza ya sea arcillas, polvo o cualquier residuo que pueda alterar sus características. En el caso que el filler no cumpla con las especificaciones, se podrá completar con material de una trituración adicional, mezclándolos con un solo en conjunto.

5.1.1. Gradación

Los agregados que constituyen estas bases deben cumplir con la siguiente gradación:

Tabla 27. Límites granulométricos para base clase I

Tabla 404-1.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm.)	100	--
1 1/2" (38,1mm.)	70 - 100	100
1" (25.4 mm.)	55 - 85	70 - 100
3/4"(19.0 mm.)	50 - 80	60 - 90
3/8"(9.5 mm.)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4.76 mm.)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2.00 mm.)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 25	10 - 25
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 12	2 - 12

Fuente: Ministerio de obras públicas y comunicaciones, subsección 404-1.1, 2002

Este tipo de gradación soporta niveles de tránsito del tipo NT-3 de acuerdo a lo especificado en la INVIAS Art.330, que se especifica para vías donde el tránsito de diseño es menor 0.5×10^6 ejes equivalentes de 80 kN sobre el carril de diseños. Los límites granulométricos indican que es una gradación gruesa por lo que presenta mayor permeabilidad, permitiendo que el riego de imprimación penetre.

Las especificaciones técnicas que deben cumplir los agregados para la base clase I son:

Tabla 28. Especificaciones técnicas para los agregados de la base clase I

<i>Especificaciones</i>	<i>Unidades</i>	<i>MOP-SUBSECCIÓN 814-2.02</i>		
		<i>REQUISITOS DE CALIDAD PARA LOS AGREGADOS BASE CLASE I</i>		
<i>Ensayo</i>		<i>Norma</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
<i>Degradación del Árido Grueso (500 Revoluciones)</i>	%	<i>INEN 860 ASTM C 131</i>	-	40
<i>Índice de Plasticidad (Tamiz Nro.40)</i>		<i>INEN 691</i>	-	6
<i>Límite Líquido</i>	%	<i>INEN 692 ASTM D423</i>	-	25
<i>Solidez de los áridos mediante el Uso de sulfato de sodio</i>	%	<i>INEN 863 ASTM C88</i>	-	12
<i>Equivalente de arena</i>	%	<i>ASTM D2419</i>	35	-
		<i>AASHTO T176</i>	40	-
<i>Peso Específico y absorción del agregado grueso</i>	%	<i>INEN 867 ASTM C127</i>	<i>REPORTAR</i>	
<i>Peso Específico y absorción del agregado fino</i>	%	<i>INEN 856 ASTM C128</i>	<i>REPORTAR</i>	
<i>Peso Volumétrico</i>	<i>(Kg/m3)</i>	<i>INEN 858 ASTM C38</i>	<i>REPORTAR</i>	

5.2. Muestreo de agregado de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM D75-03

5.2.1. Alcance

Conseguir una muestra considerable del agregado, seleccionándolo del sitio de acopio para identificarlo, transportarlo y almacenarlo en el laboratorio donde se realizará los ensayos que se describieron en las especificaciones técnicas.

5.2.2. Obtención de muestras

Para garantizar que la cantidad de agregado sea la necesaria para realizar los ensayos de control de calidad, la muestra debe ser representativa. La muestra seleccionada será del producto final, por lo que en el ensayo de desgaste los áridos no serán sometidos a aplastamiento o reducción de la gradación de sus partículas.

5.2.2.1. Selección de muestras desde un deposito móvil (Banda transportadora)

El muestreo se realiza al azar de acuerdo a lo especificado en ASTM-D3665. La mínima cantidad de muestreos son tres de proporciones semejantes, posteriormente se procede a mezclar conformándola como un todo. Es necesario que la banda transportadora se mantenga estática durante la obtención de las muestras para evitar pérdida de material. La utilización de un aparato especial es indispensable para obstaculizar la sección transversal por donde está fluyendo el agregado, de esta forma se logrará retener el material necesario. Este tipo de muestreo eleva la probabilidad de segregación.



Figura 6. Obtención de agregado desde la banda transportadora

5.2.2.2. Selección de muestras desde depósitos de almacenaje

La muestra obtenida desde un depósito de almacenaje por lo general esta mezclada por árido fino y grueso por lo que se debe evitar seleccionar este tipo de muestra, en el caso que se necesite conocer las propiedades de los áridos. Además, es necesario planificar un método de muestreo eficaz, definiendo el número de muestras de acuerdo al tamaño de los agregados (Guilcapi & Santamaria, 2012).

En el caso que la muestra sea seleccionada de una pila de agregado grueso, este se recogerá de la parte superior, medio e inferior de la pila. En el caso de los agregados finos se obtendrán del material segregado, en 5 lugares diferentes con ayuda de tubos con un radio de 15 milímetros y una longitud de 2 metros.



Figura 7. Obtención de agregado desde un depósito de almacenaje

5.2.3. Transporte de las muestras

Los agregados serán transportados en sacos o recipientes, evitando pérdidas significativas en el traslado desde la mina hacia los laboratorios donde se realizarán los ensayos pertinentes. Cada saco debe contar con su identificación fija o adjunta para evitar confusión en el tipo de agregado que contiene y así facilitar los informes de ensayos y obra.

5.3. Análisis Granulométrico de los agregados obtenidos de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM C 136

5.3.1. Alcance

Determinar la distribución de tamaños de los agregados finos y gruesos empleando cribas o tamices. Los límites granulométricos están especificados en la Tabla Nro.24 para la base clase I. Es importante especificar que el porcentaje obtenido en cada tamiz no debe sobrepasar el rango de tolerancia y estar dentro de la gradación detallada.

5.3.2. Procedimiento

1. Extender la muestra sobre una superficie limpia.
2. Cuartear la muestra hasta obtener un volumen de 10 dm³
3. Dividir el agregado grueso y fino, cribándolo a través del tamiz Nro.4
4. Las muestras son secadas a la temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta obtener masa constante.
Este procedimiento puede evadirse al realizar el análisis granulométrico de los áridos gruesos.
5. Seleccionar los tamices establecidos para la gradación de una base clase I especificada en la tabla 27. Se arma la secuencia de tamices en orden decreciente y se procede a depositar la muestra de agregados.



Figura 8. Secuencia de tamices para análisis granulométrico

6. Mediante un tamizador mecánico, se coloca la secuencia de los tamices y se ajusta, para tamizar durante un tiempo determinado por la condición de que el minuto adicional de cribado no haya un material pasante superior al 1% de la masa del material retenido.
7. Registrar la cantidad de material retenido en cada tamiz.

5.3.3. Resultados

- Mina Naranjo – López

Tabla 29. Resultados Análisis Mecánico – Granulometría promedio

Base Granular Clase I

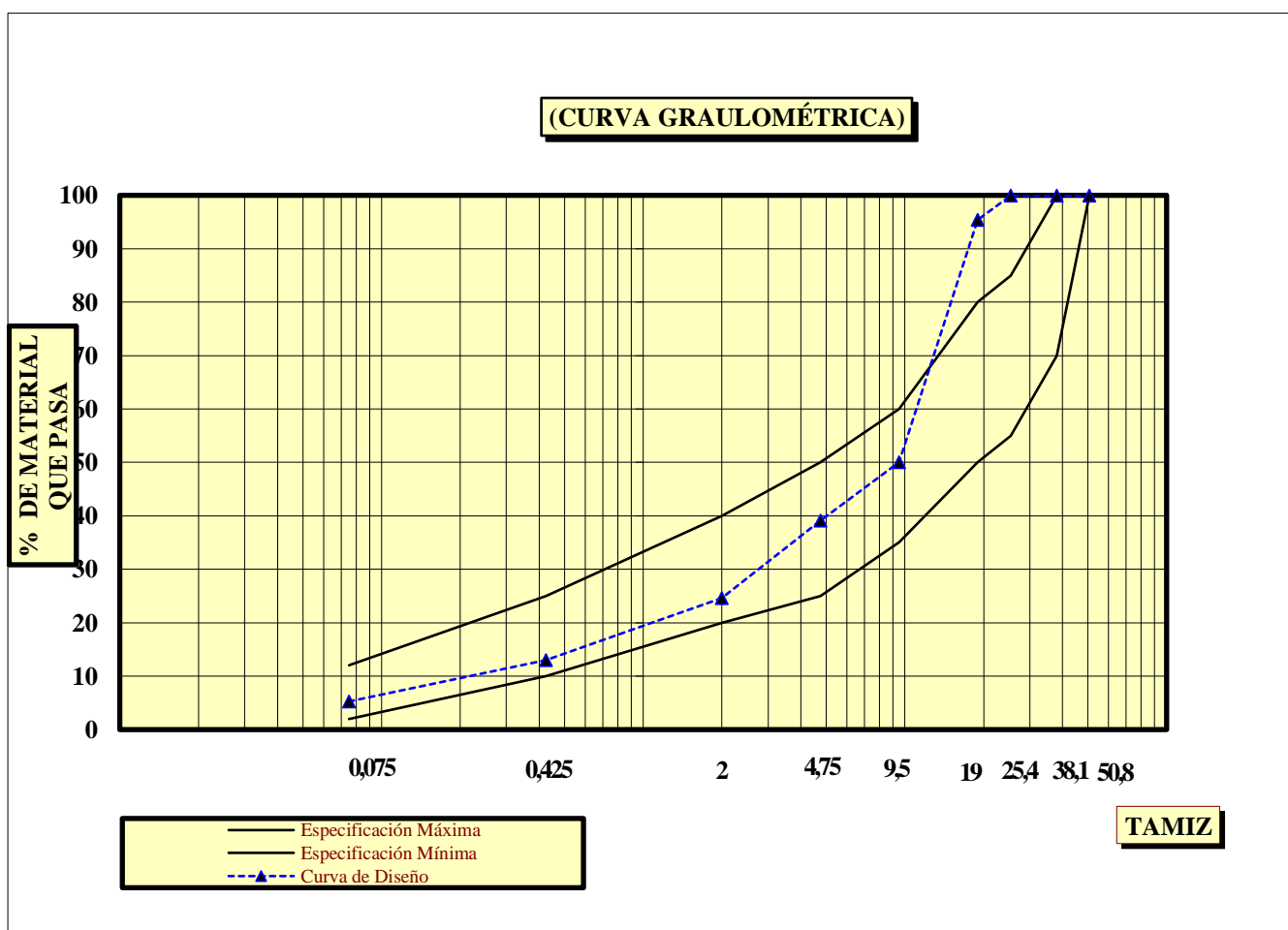
Tamiz	Acumulado peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje que pasa (%)
2"	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	100,00
3/4"	103,32	4,57	95,43
3/8"	1.130,49	49,99	50,01
No. 4	1.376,89	60,89	39,11
No. 10	1.705,18	75,40	24,60
No. 40	1.968,36	87,04	12,96
No. 200	2.143,05	94,77	5,23
Pasa el N°.200	2.261,36	100,00	0,00

5.3.3.1. Grafico Tipo A

A continuación, se presenta la gráfica obtenida para la gradación tipo A, especificada en la MOP 001-F-2002

Tabla 30. Resultados de la Gradación Tipo A Base clase I

TAMIZ	Abertura	Especificación Máxima	Especificación Mínima	Curva de Diseño	Tolerancias
#200	0,075	12	2	5,23	±3
#40	0,425	25	10	12,96	±5
#10	2	40	20	24,60	±6
#4	4,75	50	25	39,11	±7
3/8"	9,5	60	35	50,01	±7
3/4"	19	80	50	95,43	±8
1"	25,4	85	55	100,00	±8
1 1/2"	38,1	100	70	100,00	±8
2"	50,8	100	100	100,00	±8



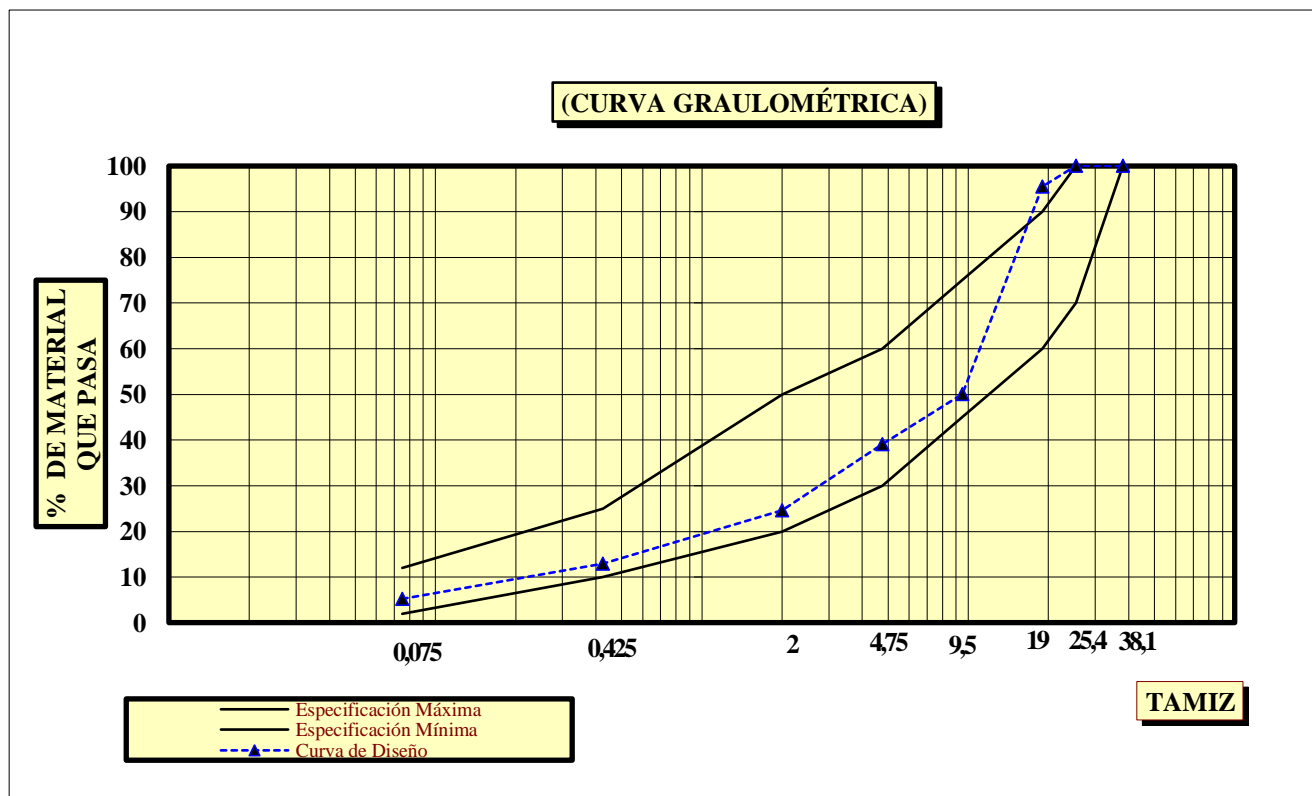
Cuadro 1. Granulometría Mina - Naranjo – López / Base clase I Tipo A

5.3.3.2. Grafico Tipo B

A continuación, se presenta la gráfica obtenida para la gradación tipo B, especificada en la MOP 001-F-2002

Tabla 31. Resultados Gradación Tipo B Base clase I

TAMIZ	Abertura	Especificación Máxima	Especificación Mínima	Curva de Diseño	Tolerancias
#200	0,075	12	2	5,23	±3
#40	0,425	25	10	12,96	±5
#10	2	50	20	24,60	±6
#4	4,75	60	30	39,11	±7
3/8"	9,5	75	45	50,01	±7
3/4"	19	90	60	95,43	±8
1"	25,4	100	70	100,00	±8
1 1/2"	38,1	100	100	100,00	±8



Cuadro 2. Granulometría Mina - Naranjo – López / Base clase I Tipo B

Se puede observar que la curva granulométrica de la gradación Tipo B posee una distribución granulométrica uniforme, en donde la mayoría de los tamaños de las partículas se encuentran dentro de los límites de gradación útiles para la constitución de una base clase I. Se visualiza una tendencia homogénea de los diámetros de las partículas de grano fino que es de gran importancia para la constitución de la briqueta que serán imprimadas con los diferentes ligantes asfálticos para riegos de imprimación. Por tal motivo la gradación a emplearse en esta investigación es la gradación tipo B especificada por la MOP- 001- 2002F

5.4. Equivalente de Arena para los agregados obtenidos de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM D 2419-02

5.4.1. Alcance

Determinar la proporción relativa de arcilla o áridos finos pasantes del tamiz Nro.4 en la muestra en condiciones estándar.

5.4.2. Muestreo

Para realizar este ensayo se debe seleccionar al menos 1500g de agregado pasante del tamiz Nro.4. La muestra debe estar humedecida para impedir que el agregado fino se pierda durante el proceso de cuarteo. La cantidad de muestra para cada probeta se deposita en una tara estandarizada que contiene aproximadamente 110 gramos.



Figura 9. Tara estandarizada para muestra de equivalente de arena

5.4.3. Preparación del equipo

Se ensambla un sifón con una botella de capacidad de 1.0 galones de cloruro de calcio tapón de hule y un tubo irrigador. La botella debe fijarse a 90 ± 5 cm sobre la superficie donde se está trabajando

5.4.4. Procedimiento

1. Llenar las probetas con cloruro de calcio a una altura de 102 ± 3 mm (4 ± 0.1 pulg.)
2. Introducir los especímenes de agregado en la probeta empleando un embudo para evitar la pérdida de material
3. Liberar las burbujas de aire contenidas en el fondo de la probeta a través de pequeños golpes con la palma de la mano.
4. Dejar reposar la muestra humedecida durante 10 ± 1 minutos
5. Sellar con el tapón la probeta y agitar de un lado a otro contando 90 ciclos por un tiempo de 30 segundos y un desplazamiento del espécimen de 23 ± 3 centímetros
6. Retirar el tapón y mediante el uso del tubo irrigador se limpia las paredes de la probeta de arriba abajo. Se debe mantener irrigación constante, hasta un nivel de 38,1 cm.
7. Dejar reposar el espécimen durante $20\text{mín} \pm 15\text{s}$
8. Registrar el nivel de la arcilla suspendida
9. La lectura de arena se realiza introduciendo el pistón hasta donde se tope el nivel de la arena. El nivel indicado dentro de la probeta se resta 254mm.



Figura 10. Probetas para equivalente de arena con especímenes

5.4.5. Cálculos

Para determinar el porcentaje de equivalente de arena se emplea la siguiente ecuación:

$$SE = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100$$

donde:

SE → *Equivalente de Arena*

5.4.6. Resultados

Tabla 32. Resultados del equivalente de arena promedio

<i>Resultados</i>			
<i>Muestra Nro.</i>	<i>Altura de sedimento (h)</i>	<i>Altura de arena después de introducir el pistón (H)</i>	<i>Equivalente de Arena (%)</i>
<i>1</i>	<i>4,7</i>	<i>3,1</i>	<i>65,96</i>
<i>2</i>	<i>4,1</i>	<i>3,4</i>	<i>82,93</i>
<i>3</i>	<i>4,3</i>	<i>3,4</i>	<i>79,07</i>
<i>4</i>	<i>4,6</i>	<i>3,4</i>	<i>73,91</i>
		<i>Promedio</i>	<i>75,47</i>

5.5. Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños de 37.5mm (1/2") por medio de la máquina de los ángeles de agregados obtenidos de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma AASHTO T- 96-02 / INEN 860

5.5.1. Alcance

Establecer la degradación del agregado grueso sometido a impacto mediante la máquina de los ángeles, determinando la pérdida de masa de los agregados con gradación normalizada.

5.5.2. Procedimiento

1. Obtener una muestra de aproximadamente 30kg, mediante cuarteos sucesivos. Debe ser lavada para eliminar cualquier tipo de materia orgánica o áridos finos y secada hasta lograr masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Separar las masas por tamaños establecidos en la Tabla Nro.30 de acuerdo a la gradación a la que se asemeje nuestro espécimen y posteriormente se recombinan todas las proporciones, en este caso la gradación B

Tabla 33. Gradación y masa de las muestras de ensayo

Tamaño de las aberturas de tamiz (mm) (aberturas cuadradas)		Masa por tamaños indicada (g)			
Pasante de	Retenido en	Gradación			
		A	B	C	D
37,5	25,0	1 250 ± 25	---	---	---
25,0	19,0	1 250 ± 25	---	---	---
19,0	12,5	1 250 ± 10	2 500 ± 10	---	---
12,5	9,5	1 250 ± 10	2 500 ± 10	---	---
9,5	6,3	---	---	2 500 ± 10	---
6,3	4,75	---	---	2 500 ± 10	---
4,75	2,36	---	---	---	5 000 ± 10
Total		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: INEN 860, Determinación del valor de la degradación del árido grueso, 2011

- De acuerdo al tipo de gradación se establece la cantidad de esferas que deben de colocarse detalladas en la Tabla Nro.31

Tabla 34. Especificaciones para la carga

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: INEN 860, Determinación del valor de la degradación del árido grueso, 2011

- Depositar el espécimen con la carga especificada en la máquina de los ángeles, a 500 revoluciones y 30r/mín. y 33r/mín. de velocidad.
- Sacar la muestra del tambor giratorio después de transcurrido las 500 revoluciones y tamizarlo a través del tamiz de abertura 1,70mm. Lavar el espécimen final obtenido y secarlo a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 11. Cantidad de muestra a ensayarse para ensayo de desgaste de los agregados



Figura 12. Máquina de los Ángeles

5.5.3. Cálculos

La pérdida de masa se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{P1-P2}{P1} \times 100$$

donde:

P1 → Masa inicial de la muestra del ensayo

P2 → Masa de la muestra retenida en el tamiz 1,70mm

5.5.4. Resultados

5.5.4.1. Gradación Tipo B

Tabla 35. Resultados Gradación Tipo B – Máquina de los ángeles

<i>Gradación Tipo B</i>	
Descripción	Masa (g)
Masa de la Muestra seca antes del ensayo P1	5000
Masa de la muestra seca después del ensayo P2	3730,6
$\% \text{ Desgaste} = \frac{P1-P2}{P1} \times 100$	25,388

5.5.4.2. Gradación Tipo D**Tabla 36. Resultados Gradación Tipo B – Máquina de los ángeles**

<i>Gradación Tipo D</i>	
Descripción	Masa (g)
Masa de la Muestra seca antes del ensayo P1	5000
Masa de la muestra seca después del ensayo P2	3873,6
$\% \text{ Desgaste} = \frac{P1-P2}{P1} \times 100$	22,528

5.6. Determinación del límite plástico de los agregados obtenidos de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM D4318-05 / INEN 692

5.6.1. Alcance

Determinar la cantidad de agua presente en la muestra de suelo entre su comportamiento plástico y sólido. El límite plástico (L.P) se identificará cuando a la menor humedad y mediante un proceso de rolado se conformen barras de suelo de 3.2 mm de diámetro (1/8”) sin que se fisuren o destruyan.

5.6.2. Muestreo

Seleccionar alrededor de 100g de material pasante del tamiz Nro.40. Depositar el espécimen sobre una fuente agregándole agua destilada para mezclarla con una espátula hasta formar una pasta homogénea. Para la realización del ensayo se conforman pequeñas bolas de 10g aproximadamente las cuales deben permanecer en un medio hermético.

5.6.3. Procedimiento

1. Moldear entre las palmas las bolas de suelo, observando que en su superficie aparezcan fisuras que afirman un secado adecuado del suelo.
2. Iniciar el proceso de rolado entre los dedos y la superficie de vidrio, aplicando presión de manera que se formen los rollos de 3mm. El movimiento debe realizarse a una velocidad aproximada de 80 a 90 movimientos por minuto.
3. En el caso el rollo se desmorone antes de lograr los 3mm de diámetro, se le puede colocar agua destilada a todo el espécimen y re mezclarlo y se repite el proceso de rolado.
4. Recoger los rollos desmoronados en un recipiente para determinar su contenido de humedad de acuerdo con la INEN 690

5.6.4. Cálculos

El límite líquido se determinará calculando el contenido de agua con la ecuación que se describe a continuación:

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100$$

donde:

$w \rightarrow$ *Contenido de agua (%)*

$m_1 \rightarrow$ *Masa del recipiente (g)*

$m_2 \rightarrow$ *Masa del recipiente y el suelo húmedo (g)*

$m_3 \rightarrow$ *Masa del recipiente y el suelo seco (g)*

5.6.5. Resultados



Figura 13. Muestra de suelo no plástico para ensayo de límite plástico

No se pueden realizar los rollos de diámetro de 3.2mm por lo que se determina que el agregado de la mina Naranjo – López es NO PLÁSTICO

5.7. Determinación del límite líquido Método Casa Grande de los agregados obtenidos de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma INEN 691

5.7.1. Alcance

Determinar la cantidad de agua presente en la muestra de suelo entre su comportamiento líquido y plástico. El límite líquido se establecerá en base a la fluencia del espécimen al ser sometido a un cierto número de golpes proporcionados por un dispositivo mecánico que es la copa de casa grande.

5.7.2. Muestreo

Seleccionar 250g de muestra del pasante del tamiz Nro.40. De ser necesario dejar reposar el espécimen para que se evapore el agua que pueda existir, en caso contrario se debe humedecer con agua destilada y mezclar hasta lograr una pasta homogénea.

5.7.3. Preparación del equipo

El aparato mecánico debe estar limpio para evitar que al momento que descienda pueda trabarse por excesivo material en las articulaciones. Además, la copa al estar en su máxima altura estará calibrada si el calibrador de 10mm atraviesa entre esta y la base.

5.7.4. Procedimiento

1. Depositar determinada cantidad de la pasta de suelo extendiéndola con la espátula sobre la copa
2. Nivelar de forma que alcance una profundidad de 10mm en la sección de mayor espesor
3. Realizar el canal con ayuda de un acanalador se puede repasar hasta seis veces de atrás hacia adelante evitando que parte del espécimen se desprenda
4. Fijar la copa al aparato mecánico evitando que su superficie se vea afectada por agua o partículas, colocar el manubrio en una velocidad de 2 revoluciones por segundo
5. Registrar el número de golpes necesarios para lograr que el par de mitades se logren poner en contacto en el base del canal dado por la fluencia del espécimen.
6. Elaborar hasta tres ensayos para determinar si el número de golpes registrado es similar



Figura 14. Copa de Casa grande- Límite líquido

5.7.5. Cálculos

Se calcula el contenido de agua mediante la fórmula descrita a continuación:

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100$$

donde:

$w \rightarrow$ Contenido de agua (%)

$m_1 \rightarrow$ Masa del recipiente (g)

$m_2 \rightarrow$ Masa del recipiente y el suelo húmedo (g)

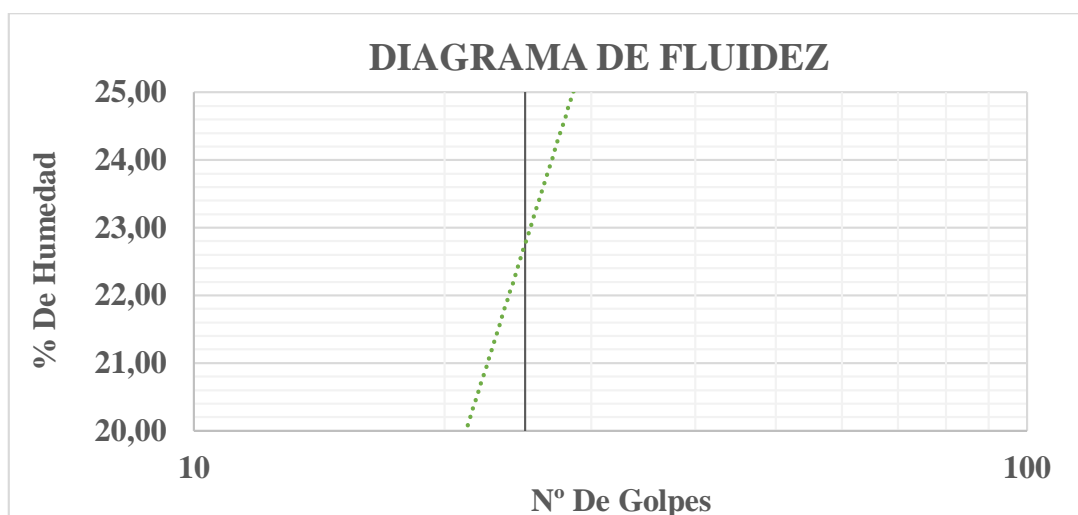
$m_3 \rightarrow$ Masa del recipiente y el suelo seco (g)

Y con el número de golpes se puede determinar el límite líquido a través de una gráfica semi-logarítmica

5.7.6. Resultados

Tabla 37. Resultados de la determinación del límite líquido

<i>Resultados</i>			
<i>Tara</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Peso de la tara (g)</i>	23,33	25,23	20,14
<i>Peso del suelo húmedo + tara (g)</i>	65,31	66,24	60,27
<i>Peso de suelo seco + tara (g)</i>	59,44	60,16	50,46
<i>Peso de agua (g)</i>	5,87	6,08	9,81
<i>Peso de suelo seco (g)</i>	36,11	34,93	30,32
<i>% de humedad</i>	16,26	17,41	32,36
<i>Número de golpes</i>	15	26	35
<i>Límite líquido (%)</i>	17,49		



Cuadro 3. Diagrama de fluidez

A partir de los límites líquido y plástico podemos determinar el índice de plasticidad a través de la siguiente ecuación

$$IP = LL - LP$$

donde:

IP → *Índice de plasticidad*

LL → *Límite líquido*

LP → *Límite plástico*

Tabla 38. Resultados de los límites de Atterberg

<i>Resultados</i>	
<i>Límite líquido (%)</i>	<i>17,49</i>
<i>Límite plástico (%)</i>	<i>0</i>
<i>Índice de plasticidad (IP)</i>	<i>0</i>

Podemos determinar que el contenido de arcilla indicado por el índice de plasticidad es nulo, por lo que el suelo presenta baja comprensibilidad. Entonces, es predominantemente un suelo arenoso con bajo porcentaje de limos y arcilla.

5.8. Determinación Peso Específico y absorción del agregado grueso de la cantera

Naranjo – López utilizando la Norma ASTM C127/ INEN 857

5.8.1. Alcance

Determinar la peso específico y absorción de la muestra de agregado grueso. Es importante describir que el peso específico se expresa como seco (SH) registrado al secar el espécimen, saturado superficialmente seca (SSS) y aparente, registrados luego de sumergir la muestra durante un tiempo determinado. La absorción permite determinar la variación de masa del agregado por efecto del agua que absorbe a través de los poros, y así poder compararla con su estado seco.

5.8.2. Muestreo

Seleccionar la muestra de agregado grueso evitando el material pasante del tamiz Nro.4 desechándolo a través de tamizado o lavado. La cantidad mínima de espécimen a ensayarse debe estar dentro de los valores propuesto en la tabla Nro.36 descrita a continuación

Tabla 39.Masa mínima del espécimen

Tamaño máximo nominal, mm	Masa mínima de la muestra para ensayo, kg
12,5 o menor	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
125	75

Fuente: INEN 857, Determinación del valor de la degradación del árido grueso, 2011

5.8.3. Procedimiento

1. Secar hasta masa constante la muestra a la temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al sacar del horno, dejar reposar durante 1 a 3 horas hasta que la muestra pueda ser manipulada
2. Sumergir la muestra en agua a temperatura ambiente durante $24\text{h} \pm 4\text{h}$
3. Sacar el espécimen del agua y secarlo con ayuda de un paño hasta observar que la lámina de agua haya desaparecido
4. Registrar el valor de la masa en condición saturada superficialmente seca con aproximación de 0,5g o 0,05% de la masa del espécimen
5. Colocar la muestra en un recipiente y registrar la masa aparente al sumergirlo en agua a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
6. Secar hasta masa constante la muestra a la temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al sacar del horno, dejar reposar durante 1 a 3 horas hasta que la muestra pueda ser manipulada y registrar su masa.

5.8.4. Cálculos

1. Peso Específico Seco (SH)

$$\text{Peso específico Seco (SH)} = \frac{A}{(B - C)}$$

donde:

A → Peso de la muestra seca (g)

B → Peso de la muestra SSS (g)

C → Peso del material sumergido(g)

2. Peso Específico Saturado Superficialmente Seco (SSS)

$$\text{Peso específico Saturado superficialmente seco (SSS)} = \frac{B}{(B - C)}$$

donde:

B → Peso de la muestra SSS (g)

C → Peso del material sumergido(g)

3. Peso Específico Aparente

$$\text{Peso específico Aparente} = \frac{A}{(A - C)}$$

donde:

A → Peso de la muestra seca (g)

C → Peso del material sumergido(g)

4. Porcentaje de Absorción

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{(B - A)}{A}$$

donde:

A → Peso de la muestra seca (g)

C → Peso del material sumergido(g)

5.8.5. Resultados

Tabla 40. Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso

Resultados		
<i>Muestra No.</i>		<i>l</i>
<i>Peso de la muestra seca (g)</i>	<i>A</i>	4852
<i>Peso del Material S.S.S (g)</i>	<i>B</i>	5000
<i>Peso del material sumergido (g)</i>	<i>C</i>	2980
<i>Peso Específico Seco</i>	$A/(B-C)$	2,40
<i>Peso Específico Seco promedio</i>		2,40
<i>Peso Específico S.S.S</i>	$B/(B-C)$	2,48
<i>Peso Específico Seco promedio</i>		2,48
<i>Peso Específico Aparente</i>	$A/(A-C)$	2,59
<i>Peso Específico Aparente Promedio</i>		2,59
<i>Porcentaje de absorción</i>	$(B-A)/A$	3,05
<i>Porcentaje de absorción Promedio</i>		3,05

5.9. Determinación Peso Específico y absorción del agregado grueso de la cantera Naranja – López utilizando la Norma ASTM C127/ INEN 857

5.9.1. Alcance

Determinar la peso específico y absorción de la muestra de agregado fino. Es importante describir que el peso específico se expresa como seco (SH) registrado al secar el espécimen, saturado superficialmente seca (SSS) y aparente, registrados luego de sumergir la muestra durante un tiempo determinado. La absorción permite determinar la variación de masa del agregado por efecto del agua que absorbe a través de los poros, y así poder compararla con su estado seco.

5.9.2. Muestreo

Seleccionar la muestra de agregado fino y mezclarla para obtener un espécimen homogéneo. Tomar aproximadamente 1kg para ensayarlo. La muestra debe secarse a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm$

5 °C y posteriormente dejar que se enfríe para cubrirla con agua durante 24h ± 4h. Desechar el exceso de agua y depositarla sobre una superficie que permita un secado homogéneo

5.9.3. Procedimiento Gravimétrico (Picnómetro)

1. La muestra debe secarse a 110 °C ± 5 °C y posteriormente dejar que se enfríe para cubrirla con agua durante 24h ± 4h.
2. Desechar el exceso de agua y depositarla sobre una superficie que permita un secado homogéneo alcance la condición de saturado superficialmente seco
3. Depositar agua en picnómetro hasta llenarlo parcialmente. Colocar 500g ± 10g de agregado fino y aumentar agua hasta el 90% de la capacidad del picnómetro. Agitarlo hasta eliminar burbujas de agua.
4. Colocar el picnómetro en agua a la temperatura de 23 °C ± 2°C, este debe estar sumergido hasta la marca de calibración.
5. Retirarlo y registrar la masa total del espécimen, picnómetro y agua.
6. Extraer el agregado fino del picnómetro para secarlo a la temperatura de 110 °C ± 5 °C, posteriormente retirarlo del horno y dejar reposar durante 1h ± 1/2h y registrar su masa
7. Determinar la masa del picnómetro

5.9.4. Cálculos

1. Peso Específico Seco (SH)

$$\text{Peso específico Seco (SH)} = \frac{A}{(B + W - C)}$$

donde:

W → *Peso de la muestra SSS (g)*

A → *Peso de la muestra seca (g)*

B → *Peso del picnómetro + agua(g)*

C → *Peso del picnómetro + agua + material(g)*

2. Peso Específico Saturado Superficialmente Seco (SSS)

$$\text{Peso específico Saturado superficialmente seco (SSS)} = \frac{W}{(B + W - C)}$$

donde:

$W \rightarrow$ *Peso de la muestra SSS (g)*

$A \rightarrow$ *Peso de la muestra seca (g)*

$B \rightarrow$ *Peso del picnómetro + agua(g)*

$C \rightarrow$ *Peso del picnómetro + agua + material(g)*

3. Peso Específico Aparente

$$\text{Peso específico Aparente} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

donde:

$A \rightarrow$ *Peso de la muestra seca (g)*

$B \rightarrow$ *Peso del picnómetro + agua(g)*

$C \rightarrow$ *Peso del picnómetro + agua + material(g)*

4. Porcentaje de Absorción

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{(W - A)}{A}$$

donde:

$W \rightarrow$ *Peso de la muestra SSS (g)*

$A \rightarrow$ *Peso de la muestra seca (g)*

5.9.5. Resultados

Tabla 41. Resultados del peso específico y absorción del agregado fino

Resultados		
Muestra No.		I
Peso del Picnómetro (g)		154,26
Peso del Material + Picnómetro		654,26
Peso del Material S.S.S (g)	W	500
Peso Seco (g)	A	494,93
Peso del Picnómetro + Agua(g)	B	652,74
Peso del Picnómetro + Agua + Material (g)	C	946,86
Peso Específico S.S. S	$W/(B+W-C)$	2,43
Peso Específico S.S.S promedio		2,43
Peso Específico Seco	$A/(B+W-C)$	2,40
Peso Específico Seco promedio		2,40
Peso Específico Aparente	$A/(B+A-C)$	2,46
Peso Específico Aparente Promedio		2,46
Porcentaje de absorción	$(W-A)/A$	1,02
Porcentaje de absorción Promedio		1,02

5.10. Determinación del Peso Volumétrico y porcentaje de vacíos del agregado de la cantera Naranjo – López utilizando la Norma ASTM C138/ INEN 858

5.10.1. Alcance

Establecer el peso volumétrico en los agregados finos y gruesos o una mezcla de ellos en condición seca

5.10.2. Procedimiento por varillado

1. Depositar el agregado en el molde de acero de 28 litros de capacidad hasta llenar la tercera parte de este. La superficie se la nivela con los dedos y posteriormente se compactan los agregados con ayuda de una varilla semiesférica de 16mm de diámetro y 600 milímetros de longitud dándole 25 golpes hasta que quede completamente nivelada la capa.
2. Llenar los dos tercios y realizar el mismo proceso de compactación

3. La última capa se llena hasta rebosar y se procede a compactar y nivelar con una regleta.
4. Es importante destacar que en la compactación de la primera capa se debe evitar dar golpes en el fondo del molde. Así en ninguna de las otras compactaciones la varilla debe atravesar la capa ya compactada.
5. Registrar el valor de la masa del molde y su contenido



Figura 15. Varillado de la muestra para ensayo de peso volumétrico



Figura 16. Enrasado de la muestra para ensayo de peso volumétrico

1. Peso Volumétrico

$$M = (G - T)/V$$

donde:

M → ***Peso Volumétrico de la muestra (kg/m³)***

G → ***Masa de la muestra + molde (g)***

T → ***Masa deL molde (g)***

$V \rightarrow$ Volumen del molde (m^3)

2. Contenido de vacíos

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{[(S \times M) - Da] \times 100}{(S \times Da)}$$

donde:

$M \rightarrow$ Peso Volumétrico de la muestra (g/m^3)

$S \rightarrow$ Peso específico seco

$Da \rightarrow$ Densidad del agua ($9980 g/m^3$)

3. Volumen del molde (T)

$$T = \frac{\pi}{4} d^2 h$$

donde:

$d \rightarrow$ Diámetro del molde (m)

$h \rightarrow$ Altura molde (g)

5.10.3. Resultados

Tabla 42. Resultados del peso volumétrico - Grava

Resultados		
Descripción		Grava
Masa volumétrico suelto		5823
Masa de la Muestra + molde (g)	G	8027,75
Masa del molde (g)	T	2204,75
Altura del molde (m)	h	0,26
Diámetro del molde (m)	d	0,15
Volumen del molde (m3)	V	0,00459
$M = \frac{(G-T)}{V} (g/m^3)$		1267363,055
Peso volumétrico (Kg/m3)		1267,36

Tabla 43. Resultados del porcentaje de vacíos

<i>Resultados</i>		
<i>Descripción</i>		<i>Grava</i>
<i>Masa volumétrico suelto</i>		5823
<i>Masa de la Muestra + molde (g)</i>	G	8027,75
<i>Masa del molde (g)</i>	T	2204,75
<i>Altura del molde (m)</i>	h	0,26
<i>Diámetro del molde (m)</i>	d	0,15
<i>Volumen del molde (m3)</i>	V	0,00459
$M = \frac{(G-T)}{V} \text{ (g/m3)}$		1267363,055
% de Vacíos (%)		7,91

5.11. Determinación de la solidez de los agregados de la cantera Naranjo – López usando el sulfato de sodio o magnesio utilizando la Norma ASTM C 88/ INEN 863

5.11.1. Alcance

Determinar el desempeño de los agregados ante la acción de intemperie simulada por los ciclos de exposición y secado en soluciones de sulfato de sodio o de magnesio.

5.11.2. Muestreo

5.11.2.1. Agregado

El árido fino debe ser lavado en el tamiz Nro.50 y posteriormente secarlo a una temperatura de $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. El tamizado se realiza de acuerdo a lo especificado en la tabla a continuación. Se seleccionará $100\text{g} \pm 0,1\text{g}$ por cada tamaño de tamiz, los cuales serán depositados en un recipiente por separado por cada fracción.

Tabla 44. Secuencia de tamices para agregado fino

Fracción	Pasante del tamiz	Retenido en el tamiz
1	600 μm	300 μm
2	1,18 mm	600 μm
3	2,36 mm	1,18 mm
4	4,75 mm	2,36 mm
5	9,5 mm	4,75 mm

Fuente: INEN 863, Determinación de la solidez de los usando sulfato de sodio o magnesio, 2011

5.11.2.2. Reactivos

Realizar la solución de sulfato de magnesio diluyéndola en agua destilada a una temperatura de 25°C o 30°C. Agitar la solución hasta lograr que los cristales en exceso observados en la superficie se disuelvan. Mantener la mezcla libre de agentes externos que puedan afectar su composición cubriéndola todo el tiempo, además que se evitará su evaporación. Esta solución deberá tener una gravedad específica mínima de 1,151 y una gravedad máxima de 1,174. El volumen total a emplearse es al menor cinco veces el volumen de los especímenes a sumergirse.

5.11.3. Procedimiento

1. Depositar en los especímenes la solución preparada de sulfato de magnesio cubriéndola hasta 12,5mm sobre el agregado y mantenerlas así durante un periodo mínimo de 16 horas y máximo de 18 horas a la temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
2. Posterior al proceso de inmersión, retirar la solución de los especímenes permitiendo que drene durante $15\text{min} \pm 5\text{min}$. Después secar la muestra en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta lograr masa constante, es decir que la pérdida de masa es menor a 0,1g de la masa del espécimen pasado 4 horas.
3. Enfriar los especímenes a temperatura ambiente y volver a sumergirlas en la solución de sulfato de magnesio repitiendo el proceso de inmersión y secado durante cinco ciclos.

4. Completar el último ciclo y lavar la muestra hasta lograr eliminar completamente el sulfato de magnesio. Se verificará que la muestra está limpia cuando al sumergir la muestra en el cloruro de bario este no reacciona.
5. Secar la muestra a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tamizar y determinar la cantidad de material retenido en cada tamiz.



Figura 17. Secado de las fracciones de agregado para ensayo de desgaste



Figura 18. Proceso de Inmersión de las muestras para ensayo de desgaste

5.11.4. Cálculos

Para calcular el porcentaje de desgaste de los áridos finos para cada fracción emplea la siguiente ecuación:

$$\% \text{ pasa después del ensayo} = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

donde:

A → *Peso fracciones antes del ensayo (g)*

B → *Peso fracciones después del ensayo (g)*

Para obtener el porcentaje total de pérdida se emplea la ecuación:

$$\% \text{ ponderado de Pérdida} = \frac{\text{Gradación Original} \times \text{Pérdida Total}}{100}$$

5.11.5. Resultados

Tabla 45. Resultados del porcentaje de desgaste ante los sulfatos

Resultados					
<i>Tamaño de Tamiz</i>	<i>Gradación original muestra (%)</i>	<i>Peso fracciones de ensayo antes de ensayar (g)</i>	<i>Peso fracciones después de ensayar (g)</i>	<i>Porcentaje que pasa después del ensayo (%)</i>	<i>Porcentaje ponderado de la pérdida (%)</i>
<i>150µm</i>	<i>6</i>				
<i>300µm a 150µm</i>	<i>11</i>				
<i>600µm a 300µm</i>	<i>26</i>	<i>100</i>	<i>75,2</i>	<i>24,8</i>	<i>6,4</i>
<i>1.18mm a 600µm</i>	<i>25</i>	<i>100</i>	<i>91,8</i>	<i>8,2</i>	<i>2,1</i>
<i>2.36mm a 1.18mm</i>	<i>17</i>	<i>100</i>	<i>94</i>	<i>6,0</i>	<i>1,0</i>
<i>4.75mm a 2.36mm</i>	<i>11</i>	<i>100</i>	<i>92</i>	<i>8,0</i>	<i>0,9</i>
<i>9.5mm a 4.75mm</i>	<i>4</i>		<i>96</i>	<i>11,2</i>	<i>0,4</i>
<i>Totales</i>	<i>100</i>				<i>10,8</i>

5.12. Resumen de resultados de los ensayos realizados en de los agregados de la cantera Naranjo – López

Tabla 46. Resumen de resultados de los ensayos realizados en de los agregados de la cantera Naranjo – López

<i>Especificaciones</i>	<i>Unidades</i>	<i>MOP-SUBSECCIÓN 814-2.02</i>			<i>Resultados</i>	<i>Cumple/ No cumple</i>
		<i>REQUISITOS DE CALIDAD PARA LOS AGREGADOS BASE CLASE I</i>				
<i>Ensayo</i>		<i>Norma</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>		
<i>Degradación del Árido Grueso (500 Revoluciones)</i>	%	<i>INEN 860 ASTM C 131</i>	-	40	25	CUMPLE
<i>Índice de Plasticidad (Tamiz Nro.40)</i>		<i>INEN 691</i>	-	6	0	CUMPLE
<i>Límite Líquido</i>	%	<i>INEN 692 ASTM D423</i>	-	25	17,49	CUMPLE
<i>Solidez de los áridos mediante el Uso de sulfato de sodio</i>	%	<i>INEN 863 ASTM C88</i>	-	12	10,85	CUMPLE
<i>Equivalente de arena</i>	%	<i>ASTM D2419 AASHTO T176</i>	35 40	- -	75,47	CUMPLE
<i>Peso Específico y absorción del agregado grueso</i>	%	<i>INEN 867 ASTM C127</i>	<i>REPORTAR</i>		3,05	-
<i>Peso Específico y absorción del agregado fino</i>	%	<i>INEN 856 ASTM C128</i>	<i>REPORTAR</i>		1,02	-
<i>Peso Volumétrico</i>	<i>(Kg/m3)</i>	<i>INEN 858 ASTM C38</i>	<i>REPORTAR</i>		1267,36	-

Capítulo 6

Ensayos en el Ligante

6.1.Cemento Asfáltico AC-20

Para fines de la investigación se realiza los ensayos de control de calidad del cemento asfáltico AC-20 que debe cumplir con las especificaciones técnicas detalladas en la sección 3.1.3. El cemento asfáltico es un componente de las emulsiones asfálticas, que para lograr las propiedades requeridas en el riego de imprimación será aditivado modificando tres factores como son la temperatura, tiempo de carga y el envejecimiento.

6.1.2. Composición del cemento asfáltico AC- 20 modificado

El cemento asfáltico AC-20 elaborado por PETROECUADOR en EMULDEC es aditivado para lograr las propiedades necesarias para que al momento de la fabricación de la emulsión para riego de imprimación cumpla con los requerimientos de impermeabilidad, penetración y viscosidad. A continuación, se detalla la composición

Tabla 47.Composición de cemento asfáltico AC-20 Modificado

Constituyentes	Masa (g)	%
AC-20	600g	10%
Aditivo S1 contiene: 70% Cemento Asfáltico 20% Aceites a base de máltenos 10% Oil base	60g	10%
Promotor de Adherencia	0.30g	5%

El promotor de adherencia es un aditivo tenso activo que permite cambiar la tensión superficial del asfalto, árido o los dos se conoce como “Adhesión Activa”. Esto permite mejorar dos propiedades importantes como son la afinidad que desplaza el agua de los agregados y permite un contacto entre agregado y asfalto. La otra propiedad es la impermeabilización entre el ligante y el agregado, impidiendo el paso del agua esto se conoce como “Adhesión Pasiva” (Salazar, Delgado, Garnica, & Terán, n.d.)



Figura 19. Aditivos para AC-20



Figura 20. Adición de aditivos a AC-20

6.1.3. Determinación de la ductilidad del cemento asfáltico utilizando la norma ASTM D113/ INEN 916

6.1.3.1. Alcance

Determinar la elongación de una probeta de cemento asfáltico, registrando la distancia de alargamiento, generada por una extensión mecánica, que logra la muestra antes de su ruptura a velocidad y temperatura específicas. La ductilidad se define como una propiedad de los ligantes asfálticos que establece la cantidad de deformación que puede soportar bajo la acción de una fuerza externa sin romperse.

6.1.3.2. Procedimiento

1. Armar el molde colocándolo sobre la placa de bronce
2. Cubrir con agente antiadherente la placa y las caras internas del molde detallado en la figura propuesta a continuación. El agente antiadherente está conformado por glicerina y talco. Verificar que el molde este perfectamente ajustado a la placa y nivelado.



Figura 21. Molde cubierto con agente antiadherente para ensayo de ductilidad AC-20 normal y aditivado

3. Depositar a muestra sobre el molde, de forma lenta y llenando de lado a lado. La muestra de ligante bituminoso debe calentarse hasta una temperatura máxima de 145°C para que esté completamente fluida.

4. Dejar reposar la muestra durante un período de tiempo de $35\text{min} \pm 5\text{min}$ a temperatura ambiente.
5. Sumergir la muestra en el baño de agua temperada a $25 \pm 0,5$ °C durante $35\text{min} \pm 5\text{min}$.
6. Posterior a este tiempo enrazar para retirar el material bituminoso en exceso
7. Sumergir la muestra durante $90\text{min} \pm 5\text{min}$ en el baño de agua a la temperatura especificada del ensayo
8. Retirar las placas superior e inferior ajustadas, este proceso se debe realizar dentro del agua, evitando que la muestra pueda fracturarse.
9. Fijar los anillos laterales a los ganchos del ductilómetro, el agua del baño debe estar a 2,5cm sobre la muestra cubriéndola completamente. Accionar la maquina a velocidad uniforme.
10. Registrar la distancia a la que la briqueta sufra la ruptura.



Figura 22. Probetas para ensayo de ductilidad AC-20 normal y aditivado

6.1.3.3. Resultados

6.1.3.3.1. AC-20

Tabla 48. Resultados de la ductilidad sobre el asfalto original AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>
<i>1</i>	<i>180</i>
<i>2</i>	<i>180</i>
<i>Promedio</i>	<i>180,00</i>

6.1.3.3.2. AC-20 Aditivado

Tabla 49. Resultados de la ductilidad sobre el asfalto aditivado AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>
<i>1</i>	<i>100</i>
<i>2</i>	<i>105</i>
<i>Promedio</i>	<i>102,50</i>

6.1.4. Determinación de la penetración de cemento asfáltico utilizando la norma ASTM D5/ INEN 917

6.1.4.1. Alcance

Establecer la penetración de una aguja estándar en una muestra de cemento asfáltico registrado en decimas de milímetro bajo condiciones estándar de tiempo, carga y temperatura.

6.1.4.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra a una temperatura máxima de 60°C, logrando que este fluida y homogenizarla antes de colocarla en el molde.
2. Depositar el material bituminoso en el molde. La profundidad mínima debe ser el 120% de la profundidad de penetración de la aguja.



Figura 23. Muestra para ensayo de penetración en AC-20 normal y aditivado

3. Dejar reposar a temperatura ambiente durante un periodo de 1 hora
4. Sumergir en el baño de agua temperado a $25 \pm 0,5$ °C durante una hora y media
5. El ensayo debe realizarse bajo condiciones de temperatura constante y tiempo, por lo que es necesario que posterior al tiempo de sumergido la muestra se transfiera hasta el penetrómetro en un vaso de precipitación de 350ml sumergido en el agua a 25°C.
6. Se debe verificar que el vástago de la aguja esté libre de cualquier impureza. La carga sobre la aguja es de $100g \pm 0,1g$. Además, el penetrómetro debe estar encerado. Este proceso debe repetirse en cada lectura.
7. Posicionar la aguja colocándolo lo más cercano posible a la superficie de la muestra de asfalto. Sincronizar el temporizador y presionar el botón para que la aguja descienda durante 5s
8. Registrar la lectura de la penetración, girando la perilla



Figura 24. Lectura de penetración en el penetrómetro del ensayo de penetración AC-20 normal y aditivado

6.1.4.3. Resultados

6.1.4.3.1. AC-20

Tabla 50. Resultados de la penetración sobre asfalto original AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>
<i>1</i>	<i>82</i>
<i>2</i>	<i>84</i>
<i>Promedio</i>	<i>83,00</i>

6.1.4.3.2. AC-20 Aditivado

Tabla 51. Resultados de la penetración sobre el asfalto aditivado AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>
<i>1</i>	<i>180</i>
<i>2</i>	<i>178</i>
<i>Promedio</i>	<i>179,00</i>

6.1.5. Punto de reblandecimiento método anillo y bola del cemento asfáltico utilizando la norma ASTM D36/ INEN 920

6.1.5.1. Alcance

Establecer el punto de reblandecimiento del cemento asfáltico empleando un equipo conformado por anillo y bola. El punto de reblandecimiento nos permite conocer la uniformidad y la tendencia a fluir que tiene un ligante al ser sometido a altas temperaturas de uso. Dos anillos de latón cubiertos por bitumen depositados en un baño de agua en una placa de vertido son calentados, cada uno soporta una carga generada por bolas de acero. Las bolas tienden a atravesar el anillo de bitumen a una temperatura determinada que define el punto de reblandecimiento.

6.1.5.2. Procedimiento

1. Calentar el cemento asfáltico a una temperatura máxima de 55°C sobre el punto de reblandecimiento hasta que se logre la fluidez para ser depositado en los anillos. Homogenizar antes de la aplicación.
2. Previamente cubrir los anillos con agente antiadherente. Verter la muestra. Dejar reposar los dos anillos a temperatura ambiente durante 30 minutos
3. Enrazar los anillos para retirar el exceso de bitumen

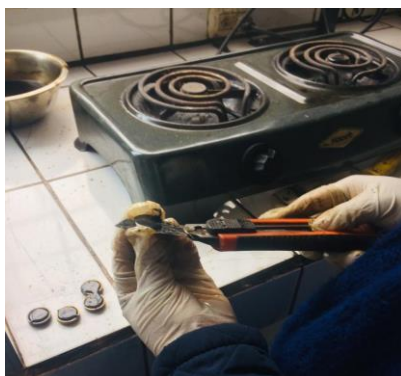


Figura 25. Enrazado de los anillos del ensayo de reblandecimiento AC-20 normal y aditivado

4. Ensamblar el equipo de vertido con los dos anillos, centradores de las bolas y el termómetro. Depositarlo dentro de un baño de agua de profundidad de $105\text{mm} \pm 3\text{mm}$, empleando un vaso de precipitación
5. Calentar uniformemente todo el equipo de vertido ensamblado, empleando un agitador magnético
6. Verificar que la temperatura del baño de agua tenga incrementos uniformes de 5°C
7. Registrar la temperatura en el termómetro a la cual la bola atraviesa el bitumen y se deposita en el fondo de la placa.

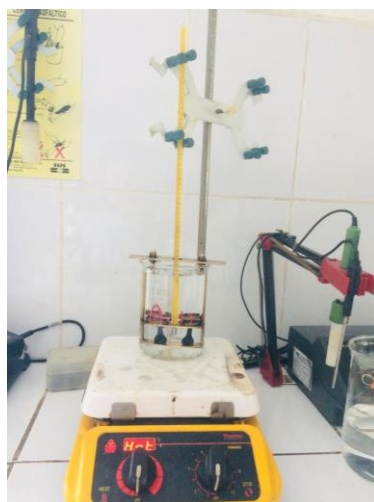


Figura 26. Ensamblado de equipo para punto de reblandecimiento

6.1.5.3. Resultados

6.1.5.3.1. AC-20

Tabla 52. Resultados de punto de reblandecimiento sobre el asfalto original AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Punto de reblandecimiento ($^{\circ}\text{C}$)</i>
<i>1</i>	<i>48</i>
<i>2</i>	<i>49</i>
<i>Promedio</i>	<i>49</i>

6.1.5.3.2. AC-20 Aditivado

Tabla 53. Resultados punto de reblandecimiento sobre el asfalto aditivado AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Punto de reblandecimiento (°C)</i>
<i>1</i>	<i>48</i>
<i>2</i>	<i>47,5</i>
<i>Promedio</i>	<i>48</i>

6.1.6. Punto de inflamación de copa abierta Cleveland empleando la norma ASTM D92-11/INEN 808

6.1.6.1. Alcance

Determinar el punto de inflamación del asfalto empleando la copa de Cleveland para la temperatura máxima de 370°C. Este ensayo permite determinar el riesgo de inflamabilidad e identificar componentes volátiles en materiales relativamente no inflamables.

6.1.6.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra a una temperatura máxima de 56°C bajo el punto de inflamación esperado durante un periodo de 30 minutos hasta obtener fluidez. Homogenizar antes de colocar en la copa. Es necesario por lo menos 75ml de muestra
2. Situar el equipo manual sobre una superficie completamente nivelada, con suficiente aireación. Además, limpiar la copa con solventes hasta dejarla completamente seca.
3. Verter el material bituminoso en la copa hasta la línea que se marca.
4. Prender la llama verificando que el diámetro este dentro del rango 3,2mm y 4,8mm. Tener precaución en el encendido.

5. Someter la muestra al calor a una temperatura que aumente en razón de $15^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$
6. Cuando la temperatura llegue a 28°C se aplica la llama cada 2°C
7. La llama debe pasar por el centro de la copa durante un tiempo de $1 \pm 0,1$ s
8. Registrar la temperatura en el momento que aparece la llama en la superficie de la copa



Figura 27. Aplicación de la fuente de ignición en el ensayo de inflamación



Figura 28. Punto de inflamación de la muestra AC-20 normal y aditivado

6.1.6.3. Resultados

6.1.6.3.1. AC-20

Tabla 54. Resultados de punto de inflamación sobre el asfalto original AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Punto de reblandecimiento (°C)</i>
<i>1</i>	<i>248</i>
<i>Promedio</i>	<i>248</i>

6.1.6.3.2. AC-20 Aditivado**Tabla 55. Resultados punto de inflamación sobre el asfalto aditivado AC-20**

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Punto de reblandecimiento (°C)</i>
<i>1</i>	<i>100</i>
<i>Promedio</i>	<i>100</i>

6.1.7. Ensayo de la Mancha sobre cemento asfáltico empleando la norma AASHTO T-102-83**6.1.7.1. Alcance**

Determinar si el material bituminoso ha sufrido sobrecalentamiento en el proceso de elaboración, mediante el uso de solventes que los clasifican de acuerdo a su grado de positividad o negatividad. El sobrecalentamiento disminuye la ductilidad del cemento asfáltico y presenta mayor susceptibilidad al envejecimiento. Se empleará papel filtro para dejar caer sobre este una gota de cemento asfáltico y dependiendo su color se determinará si es positivo o negativo.

6.1.7.2. Procedimiento

1. En el frasco volumétrico de 50 ml de capacidad depositar la muestra de $2 \pm 0,02g$

2. Introducir en el frasco con ayuda de una pipeta 10,2 MI de nafta normal, y sellarlo con el tapón de corcho con el tubo de 200 mm y se empieza a girar durante un período de tiempo de 5 segundos. Posteriormente, sumergirlo en el baño de agua hirviendo durante 55 segundos.
3. Sacar la muestra con el frasco del baño y girarlo alrededor de su eje durante 5 segundos. Volver a sumergirlo en el baño de agua durante 55 segundos. Este proceso se repite minuto a minuto hasta observar que se haya logrado una dispersión total de la muestra.
4. Dejar reposar la muestra a temperatura ambiente durante 30 minutos. El tubo de vidrio debe estar inmerso en la solución.
5. Preparar el solvente y asfalto calentándolo durante 15 minutos en un baño de agua a temperatura de $32 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Homogenizarlo con una varilla de vidrio libre de impurezas y con ayuda de esta sobre el papel filtro se deja caer una gota.
6. Examinar la mancha después de 5 minutos, colocándola sobre el brazo y en un lugar de alta luminosidad. Y determinar de acuerdo a la figura que se muestra a continuación

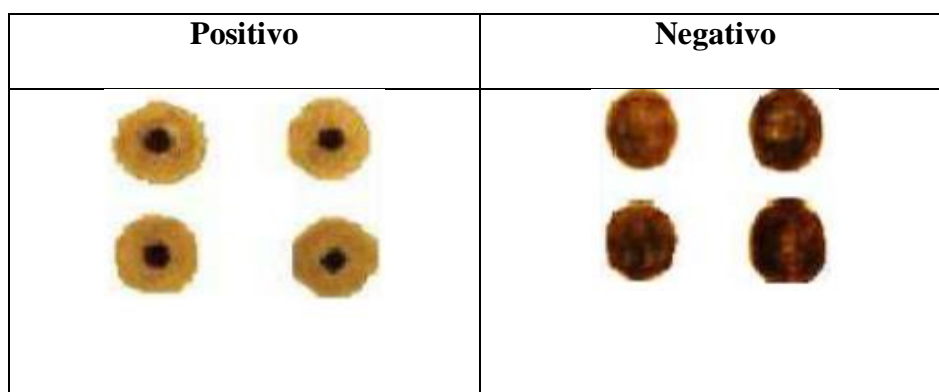


Figura 29. Posibles resultados del ensayo de la mancha

7. Si la mancha tiene una forma circular de color café o amarillo-café con una circunferencia central más oscura se reporta como positivo. Si al transcurrir 24 horas se ha formado una circunferencia de color café uniforme se reporta como negativo.



Figura 30. Preparación de la muestra para ensayo de la mancha

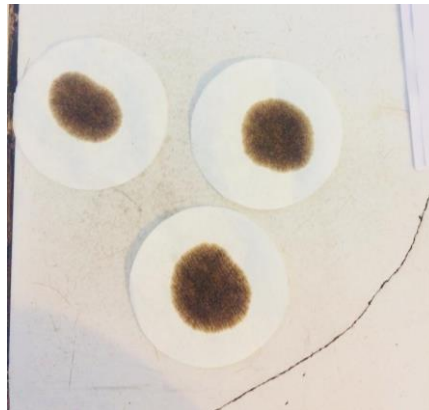


Figura 31. Resultados del ensayo de la mancha para AC-20 normal y aditivado

6.1.7.3. Resultados

6.1.7.3.1. AC-20

Tabla 56. Resultados ensayo de la mancha sobre el asfalto original AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	
<i>1</i>	<i>NEGATIVO</i>

6.1.7.3.2. AC-20 Aditivado

Tabla 57. Resultados ensayo de la mancha sobre el asfalto aditivado AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	
<i>1</i>	<i>NEGATIVO</i>

6.1.8. Densidad relativa por el método del picnómetro de cemento asfáltico empleando la norma ASTM D70-08/ INEN 922

6.1.8.1. Alcance

Establecer la densidad del cemento asfáltico utilizando un picnómetro. La densidad relativa se define como la correlación entre la masa y el volumen de una muestra específica, relacionada con la masa de un volumen igual de agua a temperatura similar. La densidad relativa será calculada determinando el peso del picnómetro, de la muestra y del agua desplazada.

6.1.8.2. Procedimiento

1. Determinar el peso del picnómetro limpio y seco como peso A
2. Depositar en el picnómetro agua evaporada y taponarlo. Sumergirlo dentro del vaso en el baño de agua y presionar el tapón y dejarlo durante 30 minutos
3. Sacarlo y secar el picnómetro y registrar su peso como peso B
4. Calentar la muestra de asfalto hasta lograr fluidez, sino se logra calentar a más 110°C sobre el punto de reblandecimiento. Se debe evitar que la muestra se sobrecaliente.
5. Limpiar y secar el picnómetro y calentar para aplicar la muestra sobre el picnómetro ocupando 75% de su capacidad.

6. Dejar reposar la muestra en el picnómetro a temperatura ambiente hasta que se enfríe en un tiempo mínimo de 40 minutos y registrara su peso con el tapón como C
7. Colocar en el picnómetro el agua des ionizada, y ponerle su tapón. Poner el picnómetro en el vaso de precipitación y sumergirlo en el baño durante 30 minuto.
8. Retirarlo y secar el picnómetro registrando su peso como peso



Figura 32. Peso del picnómetro lleno de agua



Figura 33. Peso del picnómetro con la muestra de asfalto y agua

6.1.8.3. Cálculos

$$\text{Densidad relativa} = \frac{(C - A)}{[(B - A) - (D - C)]}$$

donde:

A → *Peso del picnómetro vacío (con tapón)(g)*

B → *Peso del picnómetro lleno de agua (g)*

C → *Peso del picnómetro parcialmente lleno con la muestra (g)*

D → *Peso del picnómetro lleno con la muestra y el agua (g)*

6.1.8.4.Resultados

6.1.8.4.1. AC-20

Tabla 58.Resultados de densidad relativa sobre el asfalto original AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Descripción</i>	<i>Peso (g)</i>
<i>Peso A (Peso del picnómetro vacío con el tapón)</i>	30,17
<i>Peso B (Peso del picnómetro lleno de agua)</i>	55,23
<i>Peso C (Peso de picnómetro parcialmente lleno con la muestra)</i>	47,8
<i>Peso C (Peso de picnómetro lleno con la muestra y el agua)</i>	55,38

<i>Densidad Relativa</i>	$(C - A) / [(B - A) - (D - C)]$
<i>Densidad Relativa</i>	1,01

6.1.8.4.2. AC-20 Aditivado

Tabla 59. Resultados de densidad Relativa sobre el asfalto aditivado AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Descripción</i>	<i>Peso (g)</i>
<i>Peso A (Peso del picnómetro vacío con el tapón)</i>	30,17
<i>Peso B (Peso del picnómetro lleno de agua)</i>	55,26
<i>Peso C (Peso de picnómetro parcialmente lleno con la muestra)</i>	44,73
<i>Peso C (Peso de picnómetro lleno con la muestra y el agua)</i>	56,00

<i>Densidad Relativa</i>	$(C - A) / [(B - A) - (D - C)]$
<i>Densidad Relativa</i>	1,05

6.1.9. Viscosidad Absoluta a 60°C utilizando el viscosímetro de brookfield de cemento asfáltico empleando la norma ASTM D2171

6.1.9.1. Alcance

Determinar la consistencia del asfalto expuesto a una temperatura de 60°C. La viscosidad es una propiedad esencial, ya que proporciona información acerca del comportamiento ante esta temperatura, y a partir de esta información se garantizan condiciones apropiadas en la producción y colocación. El viscosímetro de brookfield registra la viscosidad de un par de torsión haciendo girar un vástago sumergido en la muestra de asfalto

6.1.9.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra de asfalto hasta lograr su fluidez. Evitar el sobrecalentamiento para evitar la pérdida de componentes.
2. Configurar el controlador de temperatura a 60°C. Cuando este haya alcanzado la temperatura deseada se retira el contenedor del vaso metálico.
3. Llenar el vaso metálico de 92mm de diámetro con 7g de la muestra.
4. Insertar el contenedor de muestras y se sitúa el vástago descendiendo suavemente hasta que penetra el material asfáltico.
5. Se configura la velocidad de rotación y la temperatura de la muestra empleando el software de la pantalla táctil del viscosímetro.
6. Se inicia el ensayo y después de un periodo de tiempo se registra la viscosidad.

6.1.9.3. Cálculos

El reporte en la pantalla de la viscosidad está expresado en centipoises (Cp) por lo que es necesario transformar a pascal por segundo

$$1 \text{ cP} \rightarrow 0,001 \text{ Pa.s}$$

6.1.9.4. Resultados

6.1.9.4.1. AC-20

Tabla 60. Resultados de la viscosidad Absoluta a 60°C sobre el asfalto original AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Viscosidad (cp)</i>	76500
<i>Torque (%)</i>	13

<i>Viscosidad (Pas)</i>	76,5
-------------------------	------

6.1.9.4.2. AC-20 Aditivado

Tabla 61. Resultados de la viscosidad Absoluta a 60°C sobre el asfalto aditivado AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Viscosidad (cp)</i>	53100
<i>Torque (%)</i>	53

$$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$$

<i>Viscosidad (Pas)</i>	53,1
-------------------------	------

6.1.10. Viscosidad cinemática a 135°C utilizando el viscosímetro de brookfield de cemento asfáltico empleando la norma ASTM D2170

6.1.10.1. Alcance

Determinar la consistencia del asfalto expuesto a una temperatura de 135°C. La viscosidad es una propiedad esencial, ya que proporciona información acerca del comportamiento ante esta temperatura, y a partir de esta información se garantizan condiciones apropiadas de almacenamiento, transporte y bombeo además también es empleada para determinar la temperatura de mezclado y compactación. El viscosímetro de brookfield registra la viscosidad de un par de torsión haciendo girar un vástago sumergido en la muestra de asfalto

6.1.10.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra de asfalto hasta lograr su fluidez. Evitar el sobrecalentamiento para evitar la pérdida de componentes.
2. Configurar el controlador de temperatura a 135°C. Cuando este haya alcanzado la temperatura deseada se retirar el contenedor del vaso metálico.
3. Llenar el vaso metálico de 92mm de diámetro con 7g de la muestra.

4. Insertar el contenedor de muestras y se sitúa el vástago descendiendo suavemente hasta que penetra el material asfáltico.
5. Se configura la velocidad de rotación y la temperatura de la muestra empleando el software de la pantalla táctil del viscosímetro.
6. Se inicia el ensayo y después de un periodo de tiempo se registra la viscosidad.

6.1.10.3. Cálculos

El reporte en la pantalla de la viscosidad esta expresado en centipoises (Cp) por lo que es necesario transformar a pascal por segundo

$$1 \text{ cP} \rightarrow 0,001 \text{ Pa.s}$$

Y se realiza equivalencia en las unidades para obtener se realiza las siguientes conversiones:

$$\text{Pa} \times \text{s} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \text{s} = \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}^2 \times \text{m}^2} \times \text{s} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{s}} = \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} \times \frac{1\text{m}}{1000 \text{ mm}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{s} \times \text{cm}}$$

Y para determinar la viscosidad cinemática la obtenemos como:

$$\text{Viscosidad cinemática} = \frac{\text{Viscosidad absoluta}}{\text{densidad}}$$

6.1.10.4. Resultados

6.1.10.4.1. AC-20

Tabla 62. Resultados de la viscosidad cinemática 135°C sobre el asfalto original AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Viscosidad (cp)</i>	297,5
<i>Torque (%)</i>	12

<i>Viscosidad (Pas)</i>	0,2975
<i>Viscosidad (g/mm × s)</i>	0,2975

<i>Densidad = Densidad Relativa × W_t</i>	
<i>Densidad relativa (g/mm³)</i>	1,008581
<i>Densidad Agua(g/mm³)</i>	0,000997
<i>Densidad (g/mm³)</i>	0,001005 555

<i>Viscosidad Cinemática a 135°C = Viscosidad/Densidad</i>	
<i>Viscosidad Cinemática</i>	295,86

6.1.10.4.2. AC-20 Aditivado

Tabla 63. Resultados de viscosidad cinemática a 135°C sobre el asfalto aditivado AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Viscosidad (cp)</i>	165
<i>Torque (%)</i>	7

<i>Viscosidad (Pas)</i>	0,165
<i>Viscosidad (g/mm × s)</i>	0,165

<i>Densidad = Densidad Relativa × W_t</i>	
<i>Densidad relativa (g/mm³)</i>	1,053546
<i>Densidad del Agua(g/mm³)</i>	0,000997
<i>Densidad (g/mm³)</i>	0,001050385

<i>Viscosidad Cinemática a 135°C = Viscosidad/Densidad</i>	
<i>Viscosidad Cinemática</i>	157,09

6.1.11. Variación de masa por calentamiento en materiales bituminosos empleando la norma ASTM D6/INEN 924

6.1.11.1. Alcance

Establecer la masa que se pierde al calentar una muestra de material bituminoso. A través de este ensayo se valora la susceptibilidad al envejecimiento o endurecimiento que tendría durante el mezclado u homogenización del asfalto. Este fenómeno se cuantifica comparando la masa inicial con la masa sometida a calentamiento.

6.1.11.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra de asfalto hasta lograr su fluidez.
2. Depositar $50 \pm 0,5$ g de la muestra sobre los contenedores pesados con anterioridad.
3. Registrar el peso conjunto del contenedor más la muestra
4. El horno debe calentarse a una temperatura de 163°C
5. Introducir los contenedores con las muestras al horno durante un periodo mínimo de 5 horas con 15 minutos.
6. Sacar las muestras del horno y dejar reposar a temperatura ambiente
7. Registrar el peso del contenedor más la muestra después del calentamiento

6.1.11.3. Cálculos

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{M_f - M_i}{M_i} \times 100$$

donde:

$M_i \rightarrow$ *Peso del contenedor con la muestra antes del calentamiento, menos el peso del contenedor (g)*

$M_f \rightarrow$ *Peso del contenedor con la muestra después del calentamiento, menos el peso del contenedor (g)*

6.1.11.4. Resultados

6.1.11.4.1. AC-20

Tabla 64. Resultados de la Variación de la masa sobre el asfalto original AC-20

Resultados						
Peso (g)	Muestra					
	1	2	3	4	5	6
Antes del Calentamiento						
Tara	47,57	47,91	45,12	47,28	47,47	47,51
Asfalto + Tara	97,48	98,57	95,59	97,29	98,13	97,96
Asfalto	49,91	50,66	50,47	50,01	50,66	50,45
Después del Calentamiento						
Asfalto + Tara	97,32	98,37	95,44	97,18	98	97,83
Asfalto	49,75	50,46	50,32	49,9	50,53	50,32
Pérdida de Masa	0,32	0,39	0,30	0,22	0,26	0,26

% de Pérdida Promedio	0,29
------------------------------	-------------

6.1.11.4.2. AC-20 Aditivado

Tabla 65. Resultados de la Variación de la masa sobre el asfalto aditivado AC-20

Resultados										
Peso (g)	Muestra									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Antes del Calentamiento										
Tara	47,51	47,62	47,61	45,44	47,72	52,47	47,88	47,56	47,04	47,38
Asfalto + Tara	97,67	97,87	98,5	95,97	97,82	102,62	97,9	97,72	97,32	97,61
Asfalto	50,16	50,25	50,89	50,53	50,1	50,15	50,02	50,16	50,28	50,23
Después del Calentamiento										
Asfalto + Tara	91,42	91,98	92,23	89,32	91,93	96,37	91,23	91,26	90,89	91,02
Asfalto	43,91	44,36	44,62	43,88	44,21	43,9	43,35	43,7	43,85	43,64
Pérdida de Masa	12,46	11,72	12,32	13,16	11,76	12,46	13,33	12,88	12,79	13,12

% de Pérdida Promedio	12,60
------------------------------	--------------

6.1.12. Determinación de la ductilidad en el asfalto envejecido utilizando la norma ASTM D113/ INEN 916

6.1.12.1. Alcance

Determinar la elongación de una probeta de asfalto envejecido, registrando la distancia de alargamiento, generada por una extensión mecánica, que logra la muestra antes de su ruptura a velocidad y temperatura específicas. La ductilidad se define como una propiedad de los ligantes asfálticos que establece la cantidad de deformación que puede soportar bajo la acción de una fuerza externa sin romperse.

6.1.12.2. Procedimiento

1. Armar el molde colocándolo sobre la placa de bronce
2. Cubrir con agente antiadherente la placa y las caras internas del molde detallado en la figura propuesta a continuación. El agente antiadherente está conformado por glicerina y talco. Verificar que el molde este perfectamente ajustado a la placa y nivelado.
3. Depositar a muestra sobre el molde, de forma lenta y llenando de lado a lado. La muestra de ligante bituminoso debe calentarse hasta una temperatura máxima de 145°C para que esté completamente fluida.
4. Dejar reposar la muestra durante un período de tiempo de 35min \pm 5min a temperatura ambiente.
5. Sumergir la muestra en el baño de agua temperada a 25 \pm 0,5 °C durante 35min \pm 5min.
6. Posterior a este tiempo enrazar para retirar el material bituminoso en exceso
7. Sumergir la muestra durante 90min \pm 5min en el baño de agua a la temperatura especificada del ensayo

8. Retirar las placas superior e inferior ajustadas, este proceso se debe realizar dentro del agua, evitando que la muestra pueda fracturarse.
9. Fijar los anillos laterales a los ganchos del ductilómetro, el agua del baño debe estar a 2,5cm sobre la muestra cubriéndola completamente. Accionar la maquina a velocidad uniforme.
10. Registrar la distancia a la que la briqueta sufra la ruptura.

6.1.12.3. Resultados

6.1.12.3.1. AC-20 Envejecido

Tabla 66. Resultados de la ductilidad sobre el asfalto envejecido AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>
<i>1</i>	<i>84</i>
<i>2</i>	<i>83</i>
<i>3</i>	<i>83</i>
<i>Promedio</i>	<i>83,33</i>

6.1.12.3.2. AC-20 Aditivado Envejecido

Tabla 67. Resultados de la ductilidad sobre el asfalto aditivado envejecido AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>
<i>1</i>	<i>63</i>
<i>2</i>	<i>68,5</i>
<i>Promedio</i>	<i>65,75</i>

6.1.13. Determinación de la penetración en el asfalto envejecido utilizando la norma

ASTM D5/ INEN 918

6.1.13.1. Alcance

Establecer la penetración de una aguja estándar en una muestra de material bituminoso envejecido registrado en decimas de milímetro bajo condiciones estándar de tiempo, carga y temperatura.

6.1.13.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra a una temperatura máxima de 60°C, logrando que este fluida y homogenizarla antes de colocarla en el molde.
2. Depositar el material bituminoso en el molde. La profundidad mínima debe ser el 120% de la profundidad de penetración de la aguja.
3. Dejar reposar a temperatura ambiente durante un periodo de 1 hora
4. Sumergir en el baño de agua temperado a $25 \pm 0,5$ °C durante una hora y media
5. El ensayo debe realizar bajo condiciones de temperatura carga y tiempo, por lo que es necesario que posterior al tiempo de sumergido la muestra se transferirá hasta penetrómetro en un vaso de precipitación de 350ml sumergido en el agua 25°C.
6. Se debe verificar que el vástago de la aguja esté libre de cualquier impureza. La carga sobre la aguja es de $100g \pm 0,1g$. Además, el penetrómetro debe estar encerado. Este proceso debe repetirse en cada lectura.
7. Posicionar la aguja colocándolo lo más cercano posible a la superficie de la muestra de asfalto. Sincronizar el temporizador y presionar el botón para que la aguja descienda durante 5s
8. Registrar la lectura de la penetración, girando la perilla

6.1.13.3. Resultados

6.1.13.3.1. AC-20 Envejecido

Tabla 68. Resultados de la penetración sobre el asfalto envejecido AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>
<i>1</i>	<i>54</i>
<i>2</i>	<i>56</i>
<i>Promedio</i>	<i>55</i>

6.1.13.3.2. Aditivado Envejecido

Tabla 69. Penetración sobre el asfalto aditivado envejecido AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>
<i>1</i>	<i>78</i>
<i>2</i>	<i>79</i>
<i>Promedio</i>	<i>78,50</i>

6.1.14. Viscosidad Absoluta a 60°C utilizando el viscosímetro de brookfield del asfalto envejecido empleando la norma ASTM 2171

6.1.14.1. Alcance

Determinar la consistencia del asfalto envejecido expuesto a una temperatura de 60°C. La viscosidad es una propiedad esencial, ya que proporciona información acerca del comportamiento ante esta temperatura, y a partir de esta información se garantizan condiciones apropiadas en la producción y colocación. El viscosímetro de brookfield registra la viscosidad de un par de torsión haciendo girar un vástago sumergido en la muestra de asfalto

6.1.14.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra de asfalto hasta lograr su fluidez. Evitar el sobrecalentamiento para evitar la pérdida de componentes.
2. Configurar el controlador de temperatura a 60°C. Cuando este haya alcanzado la temperatura deseada se retira el contenedor del vaso metálico.
3. Llenar el vaso metálico de 92mm de diámetro con 7g de la muestra.
4. Insertar el contenedor de muestras y se sitúa el vástago descendiendo suavemente hasta que penetra el material asfáltico.
5. Se configura la velocidad de rotación y la temperatura de la muestra empleando el software de la pantalla táctil del viscosímetro.
6. Se inicia el ensayo y después de un periodo de tiempo se registra la viscosidad.

6.1.14.3. Cálculos

El reporte en la pantalla de la viscosidad está expresado en centipoises (Cp) por lo que es necesario transformar a pascal por segundo

$$1 \text{ cP} \rightarrow 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

6.1.14.4. Resultados

6.1.14.4.1. AC-20 Envejecido

Tabla 70. Resultados de la viscosidad Absoluta a 60°C sobre el asfalto envejecido AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Viscosidad (cp)</i>	707000
<i>Torque (%)</i>	13

$$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

<i>Viscosidad (Pas)</i>	707
-------------------------	-----

6.1.14.4.2. AC-20 Aditivado Envejecido

Tabla 71. Resultados de la viscosidad Absoluta a 60°C sobre el asfalto aditivado envejecido AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Viscosidad (cp)</i>	156,8
<i>Torque (%)</i>	94

$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$

<i>Viscosidad (Pas)</i>	0,1568
-------------------------	--------

6.1.15. Punto de reblandecimiento método anillo y bola del asfalto envejecido utilizando la norma ASTM D36/ INEN 920

6.1.15.1. Alcance

Establecer el punto de reblandecimiento del bitumen empleando un equipo conformado por anillo y bola. El punto de reblandecimiento nos permite conocer la uniformidad y la tendencia a fluir que tiene un ligante al ser sometido a altas temperaturas de uso. Dos anillos de latón cubiertos por bitumen depositados en un baño de agua en una placa de vertido son calentados, cada uno soporta una carga generada por bolas de acero. Las bolas tienden a atravesar el anillo de bitumen a una temperatura determinada que define el punto de reblandecimiento.

6.1.15.2. Procedimiento

1. Calentar el cemento asfáltico a una temperatura máxima de 55°C sobre el punto de reblandecimiento hasta que se logre la fluidez para ser depositado en los anillos. Homogenizar antes de la aplicación.
2. Previamente cubrir los anillos con agente antiadherente. Verter la muestra sobre los anillos

3. Dejar reposar los dos anillos a temperatura ambiente durante 30 minutos
4. Enrazar los anillos para retirar el exceso de bitumen y así quede completamente nivelado con la parte superior del anillo
5. Ensamblar el equipo de vertido con los dos anillos, centradores de las bolas y el termómetro. Depositarlo dentro de un baño de agua de profundidad de $105\text{mm} \pm 3\text{mm}$, empleando un vaso de precipitación
6. Calentar uniformemente todo el equipo de vertido ensamblado, empleando un agitador magnético
7. Verificar que la temperatura del baño de agua tenga incrementos uniformes de 5°C
8. Registrar la temperatura en el termómetro a la cual la bola atraviesa el bitumen y se deposita en el fondo de la placa.

6.1.15.3. Resultados

6.1.15.3.1. AC-20 Envejecido

Tabla 72. Resultados del punto de reblandecimiento sobre el asfalto envejecido AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Punto de reblandecimiento ($^{\circ}\text{C}$)</i>
<i>1</i>	<i>48</i>
<i>2</i>	<i>47</i>
<i>3</i>	<i>47,5</i>
<i>Promedio</i>	<i>48</i>

6.1.15.3.2. AC-20 Aditivado Envejecido

Tabla 73. Resultados del punto de reblandecimiento sobre el asfalto Aditivado envejecido AC-20

Resultados	
Muestra	Punto de reblandecimiento (°C)
1	45
2	46
Promedio	45,50

6.1.16. Residuo de penetración específica empleando la norma ASTM D243/INEN 918

6.1.16.1. Alcance

Determinar el porcentaje de residuo de penetración. Para determinarlo se realiza el ensayo de penetración en el asfalto envejecido y se hace una relación con la penetración en el asfalto original. La diferencia entre la penetración sobre el asfalto envejecido y el asfalto original es ideal que sea un 15dmm, sino es un indicativo que existe la presencia de agua sobre el asfalto. Además, que nos proporciona información acerca de cuanto se ha endurecido el asfalto después de calentarlo.

6.1.16.2. Cálculos

$$\% \text{ residuo de penetración} = \frac{\text{Penetración asfalto original}}{\text{Penetración asfalto envejecido}} \times 100$$

6.1.16.3. Resultados

6.1.16.3.1. AC-20 Envejecido

Tabla 74. Resultados del porcentaje residuo de penetración sobre el asfalto envejecido

AC-20

Resultados			
Especificación	Betún Original	Asfalto envejecido	Resultado
Ensayo	Penetración (dmm)	Penetración (dmm)	Penetración (% de la original)
1	82	54	65,854
2	84	56	66,667

% Promedio	66,260
-------------------	---------------

6.1.16.3.2. AC-20 Aditivado Envejecido

Tabla 75. Resultados de porcentaje residuo de penetración sobre el asfalto aditivado envejecido AC-20

Resultados			
Especificación	Betún Original	Asfalto envejecido	Resultado
Ensayo	Penetración (dmm)	Penetración (dmm)	Penetración (% de la original)
1	138	78	56,522
2	149	79	53,020

% Promedio	54,77
-------------------	--------------

6.1.17. Índice de penetración empleando la norma ASTM D5

6.1.17.1. Alcance.

Determinar el índice de penetración. Se determina a partir del valor de la penetración sobre el asfalto original y el punto de ablandamiento y la ecuación que se detalla posteriormente

en los cálculos. A partir de este ensayo se detalla la susceptibilidad térmica que presenta el asfalto

6.1.17.2. Cálculos

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

donde:

Pen → Penetración Asfalto original

Tab → Punto de reblandecimiento asfalto original

$$IP = \left[\frac{20 - 10A}{A + 1} \right]$$

donde:

IP → Índice de Penetración

6.1.17.3. Resultados

6.1.17.3.1. AC-20

Tabla 76. Resultados del índice de penetración asfalto original AC-20

<i>Resultados</i>		
<i>Penetración (Pen)</i>	<i>dmm</i>	83,00
<i>Punto de ablandamiento (Tab)</i>	<i>° C</i>	49
<i>A</i>		2,0936
<i>Índice de Penetración(IP)</i>	<i>dmm</i>	-0,30

6.1.17.3.2. AC-20 Aditivado

Tabla 77. Resultados del índice de penetración asfalto original AC-20

Resultados

<i>Penetración (Pen)</i>	<i>dmm</i>	83,00
<i>Punto de ablandamiento (Tab)</i>	<i>°C</i>	46
<i>A</i>		2,4000
<i>Índice de Penetración(IP)</i>	<i>dmm</i>	-1,18

6.1.18. Resumen de resultados de los ensayos realizados en el cemento asfáltico normal AC-20 y AC-20 Aditivado

Tabla 78. Resumen de resultados de los ensayos realizados en el cemento asfáltico normal AC-20

ESPECIFICACIONES ENSAYOS	UNIDADES	NORMAS		RANGO ACEPTABLE		RESULTADOS	CUMPLE / NO CUMPLE
		ASTM	INEN	Min.	Max.		
Betún original							
<i>Penetración a 25°C, 100g,5s</i>	<i>1/10mm</i>	ASTM D5	INEN 917	60	70	83,00	<i>NO CUMPLE</i>
<i>Ductilidad a 25°C y 5cm/min</i>	<i>cm</i>	ASTM D113	INEN 916	100	-	180,00	<i>CUMPLE</i>
<i>Punto de reblandecimiento A Y B</i>		ASTM D35	INEN 920	48	57	49	<i>CUMPLE</i>
<i>Viscosidad Absoluta, a 60 °C</i>	<i>Pa s</i>	ASTM D2171	INEN 2515		240	76,5	<i>CUMPLE</i>
<i>Viscosidad Cinemática a 135 °C</i>	<i>mm² /s¹</i>	ASTM D2170	INEN 2515	210	-	295,86	<i>CUMPLE</i>
<i>Punto de Inflamación</i>	<i>°C</i>	ASTM D92	INEN 808	232	-	248	<i>CUMPLE</i>
<i>Ensayo de la Mancha</i>	<i>(**)</i>		AASHTO-T-102	NEGATIVO		NEGATIVO	<i>CUMPLE</i>
<i>Densidad Relativa 25°C/25 °C</i>	<i>g/cm³</i>	ASTM D70	INEN 2903	1	-	1,01	<i>CUMPLE</i>
Residuos de ensayos de película Fina en horno Rotatorio							
<i>Variación de Masa</i>	<i>%</i>	ASTM D2872	INEN 924	-	0,8	0,29	<i>CUMPLE</i>
<i>Ductilidad a 25°C y 5cm/min</i>	<i>cm</i>	ASTM D113	INEN 916	50	-	83,33	<i>CUMPLE</i>
<i>Viscosidad Absoluta, a 60 °C</i>	<i>Pa</i>	ASTM D2171	INEN 810	-	1000	707	<i>CUMPLE</i>
<i>Penetración (% del original)</i>	<i>% m/m</i>		INEN 918	54	-	66,2601626	<i>CUMPLE</i>
<i>Punto de reblandecimiento A Y B</i>	<i>°C</i>	ASTM D36	INEN 920	-	48	48	<i>CUMPLE</i>
<i>Índice de Penetración</i>	<i>-</i>	ASTM D5		-1,5	1	-0,30	<i>CUMPLE</i>

Tabla 79. Resumen de resultados de los ensayos realizados en el cemento asfáltico aditivado AC-20

<i>ESPECIFICACIONES</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>NORMAS</i>		<i>RANGO ACEPTABLE</i>		<i>RESULTADOS</i>	<i>CUMPLE / NO CUMPLE</i>
		<i>ASTM</i>	<i>INEN</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>		
<i>Betún original</i>							
<i>Penetración a 25°C, 100g,5s</i>	<i>1/10mm</i>	<i>ASTM D5</i>	<i>INEN 917</i>	<i>60</i>	<i>70</i>	<i>179,00</i>	<i>NO CUMPLE</i>
<i>Ductilidad a 25°C y 5cm/min</i>	<i>cm</i>	<i>ASTM D113</i>	<i>INEN 916</i>	<i>100</i>	<i>-</i>	<i>102,50</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Punto de reblandecimiento</i>	<i>°C</i>	<i>ASTM D35</i>	<i>INEN 920</i>	<i>48</i>	<i>57</i>	<i>48</i>	<i>NO CUMPLE</i>
<i>Viscosidad Absoluta, a 60 °C</i>	<i>Pa s[^]7</i>	<i>ASTM D2171</i>	<i>INEN 810</i>	<i>160</i>	<i>240</i>	<i>53,1</i>	<i>NO CUMPLE</i>
<i>Viscosidad Cinemática a 135 °C, Saybolt-Furol</i>	<i>m</i>	<i>ASTM D2170</i>	<i>INEN 810</i>	<i>300</i>	<i>-</i>	<i>157,09</i>	<i>NO CUMPLE</i>
<i>Punto de Inflamación</i>	<i>°C</i>	<i>ASTM D92</i>	<i>INEN 808</i>	<i>232</i>	<i>-</i>	<i>248</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Ensayo de la Mancha</i>	<i>(**)</i>		<i>AASHTO-T-102</i>	<i>NEGATIVO</i>		<i>NEGATIVO</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Densidad Relativa 25°C/25 °C</i>	<i>g/cm3</i>	<i>ASTM D70</i>	<i>INEN 2903</i>	<i>1</i>	<i>-</i>	<i>1,05</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Residuos de ensayos de película Fina en horno Rotatorio</i>							
<i>Variación de Masa</i>	<i>%</i>	<i>ASTM D2872</i>	<i>INEN 924</i>	<i>-</i>	<i>0,8</i>	<i>12,60</i>	<i>NO CUMPLE</i>
<i>Ductilidad a 25°C y 5cm/min</i>	<i>cm</i>	<i>ASTM D113</i>	<i>INEN 916</i>	<i>50</i>	<i>-</i>	<i>65,75</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Viscosidad Absoluta, a 60 °C</i>	<i>Pa s[^]7</i>	<i>ASTM D2171</i>	<i>INEN 810</i>	<i>-</i>	<i>800</i>	<i>0,1568</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Penetración (% del original)</i>	<i>% m/m</i>		<i>INEN 918</i>	<i>54</i>	<i>-</i>	<i>54,77</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Punto de reblandecimiento</i>	<i>°C</i>	<i>ASTM D36</i>	<i>INEN 920</i>	<i>-</i>	<i>48</i>	<i>46</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Índice de Penetración</i>	<i>-</i>	<i>ASTM D5</i>		<i>-1,5</i>	<i>1</i>	<i>-1,18</i>	<i>CUMPLE</i>

6.2. Emulsiones Asfálticas

Las emulsiones asfálticas en la actualidad gracias al esfuerzo científico y tecnológico, constituyen una forma de simplificar los procesos de asfaltado por lo que ofrecen un mejor estándar en confort, calidad, sustentabilidad y un menor impacto ambiental. Como se señaló en la sección 3.3.2. las emulsiones asfálticas están compuestas entre 50% y 60% de ligante bituminoso que para nuestro proyecto de investigación se emplea el AC-20 y el AC-20 aditivado para riego de imprimación. En Ecuador, las emulsiones empleadas para el riego de imprimación son de tipo CSS ya que este tipo de emulsiones presentan una perfecta adherencia con los áridos, además que es una emulsión catiónica que al aplicarse sobre agregados negativos como son los de la base clase I estos se atraen. Los ensayos en las emulsiones asfálticas se realizan siguiendo las especificaciones detalladas en la sección 3.3.6, sin embargo, no existe una normativa vigente en el Ecuador que de las especificaciones técnicas para las emulsiones aditivadas para riego de imprimación.

6.2.1. Composición de las Emulsiones asfálticas

Las emulsiones asfálticas para riego de imprimación fabricadas en EMULDEC reciben el nombre de EMULPRIMER y se realizan los ensayos tanto para la emulsión normal como para la emulsión aditiva da para imprimación. A continuación, se presenta la composición con sus respectivos constituyentes tanto para la emulsión normal, así como también para la emulsión aditivada.

Tabla 80.Composición de la Emulsión normal CSS-1h

Constituyentes	Masa (g)	%
AC-20	600	62%
Plastificante	8,99	0,093%
Zycotherm	0,29	0,29%
Emulsificante Catiónico (c31h)	11,61	0,03%
Ácido clorhídrico (HCl)	1,45	1,20%
Agua	35,69	35,69
Total		100%

Tabla 81.Composición de la Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Constituyentes	Masa (g)	%
AC-20 Aditivado	712,53	62%
Emulsificante Catiónico (C31H)	13,89	1,20%
Ácido clorhídrico (HCl)	1,74	0,15
Agua	424,15	35,65
Total		100%

El emulsificante catiónico presenta gran estabilidad de baja concentración, presenta una propiedad de gran importancia que es la adherencia o cubrimiento al contacto con los agregados (Agudelo, 2012). El ácido clorhídrico es empleado para control el PH de la emulsión

que de acuerdo a lo especificado por el instituto del asfalto a continuación(Instituto de Asfalto, n.d.):

Tabla 82.Porcentajes para la dosificación de los constituyentes de la emulsión asfáltica

Ingrediente	Rangos de dosificación (%)			
	CRS	CMS	CSS	CQS
Asfalto	65	60	60 - 65	60 - 65
Emulsificante	0.1 - 0.25	0.4 - 0.6	1.5 - 2.5	0.8 - 1.8
Polímero (Aditivo) (sobre el peso del asfalto)	-	-	3	3
Agua	Hasta completar el 100% = $100 - \sum / \% \text{ Asfalto} + \% \text{ Emulsificante} + \% \text{ Polímero}$)			
Ácido (HCl ó H_3PO_4)	2 - 4	2 - 3	1.5 - 2.5	1.5 - 2.5
Fase jabonosa (Agua, Emulsificante y ácido)	100 - % Asfalto			

Fuente: Instituto del Asfalto, Emulsiones asfálticas, s/f

6.2.2. Viscosidad Saybold Furol a 25°C de Emulsiones asfálticas empleando la norma ASTM D244/ INEN 1981

6.2.2.1. Alcance

Determinar el tiempo en el que una muestra de 60ml de emulsión asfáltica fluye por medio de un orificio de características especificadas, a una temperatura de 25°C. Este ensayo permite determinar la consistencia de la emulsión asfáltica estableciendo la cantidad de asfalto. Este fenómeno se identifica en el momento que el orificio se obstruye por la presencia de grandes gotas de asfalto lo que indica el rompimiento de la emulsión.

6.2.2.2.Procedimiento

1. Colocar el tapón de corcho del viscosímetro ubicado en la cámara de aire.
2. Calentar la muestra a una temperatura de 1,7°C mayor a la especificada para la realización del ensayo.

3. Homogenizar la muestra y tamizarla en el tamiz Nro.100, empleando un embudo para evitar que se derrame la emulsión colocarla en el viscosímetro hasta donde indica el nivel por encima de circulo de desborde.
4. Mezclar la muestra del viscosímetro con ayuda de un termómetro girando a una velocidad de 30 a 50 rpm.
5. Colocar la copa receptora en el punto exacto y quitar el corcho para que fluya la emulsión
6. Encender el cronómetro en el instante que se retira el corcho
7. Parar el cronómetro cuando en la copa receptora se observe que alcanzo lo 60 ml.
8. Registrar el tiempo en el que se alcanzó los 60ml



Figura 34. Verificación de la temperatura de la muestra para el ensayo de Viscosidad Saybolt Furol sobre emulsiones asfálticas



Figura 35.Registro del tiempo en que llena los 60ml de la copa de recepción del ensayo de Saybolt furol sobre emulsiones normal y aditivado

6.2.2.3.Resultados

6.2.2.3.1. Emulsión normal CSS-1h

Tabla 83.Resultados de la viscosidad de saybolt 25°C Emulsión normal CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Tiempo de flujo (s)</i>
<i>1</i>	<i>20</i>

<i>Viscosidad Saybolt 25ª C</i>	<i>20,00</i>
---------------------------------	--------------

6.2.2.3.2. Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Tabla 84.Resultados de viscosidad de saybolt 25°C Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Tiempo de flujo (s)</i>
<i>1</i>	<i>22</i>

<i>Viscosidad Saybolt 25^a C</i>	<i>22,00</i>
--	--------------

6.2.3. Asentamiento de las emulsiones asfálticas a los 5 empleando la norma ASTM D6930/INEN909

6.2.3.1. Alcance

Evaluar la capacidad de la emulsión asfáltica para mantenerse como una dispersión homogénea al someterla a un periodo de almacenamiento de 5 días. Este ensayo determina el asentamiento en función del tiempo, para ello se registra muestras tanto de la parte superior como inferior de cilindro de vidrio y así se determina el porcentaje de residuo y se hace la diferencia entre los dos.

6.2.3.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra de emulsión a una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y mezclarla para lograr su homogenización
2. Dejar enfriar la muestra hasta temperatura ambiente
3. Depositar sobre el cilindro 500ml sellarlo y dejar reposar un periodo de tiempo de 5 días. Posterior a este tiempo, sacar del cilindro 55ml de la parte superior del cilindro
4. Pesar una tara de 100ml con una varilla de vidrio
5. Dentro de la tara de 100ml colocar $50\text{g} \pm 0,1\text{g}$
6. Dejar fluir aproximadamente 390 ml de la parte superior y desecharla.
7. Agitar la muestra sobrante en el cilindro y pesar $50\text{g} \pm 0,1\text{g}$ dentro de la tara pesada con la varilla de vidrio

8. Llevar al horno las muestras de las taras con las varillas a una temperatura de 163°C durante un periodo de tiempo 2 horas. Pasado este tiempo retirarlos y agitar y volverlos a introducir al horno por una hora.
9. Registrar el peso de las taras más las varillas



Figura 36. Probetas para ensayo de asentamiento en la emulsión normal



Figura 37. Probetas para ensayo de asentamiento en la emulsión aditivado



Figura 38. Taras con la muestra superior e inferior para ensayo de asentamiento

6.2.3.3. Cálculos

$$\text{Asentamiento, \%} = B - A$$

donde:

A → Porcentaje de residuo de la muestra superior del cilindro

B → Porcentaje de residuo de la muestra inferior o fondo del cilindro

6.2.3.4. Resultados

6.2.3.4.1. Emulsión Normal CSS-1h

Tabla 85. Resultados del asentamiento a los 5 días emulsión normal CSS-1h

Resultados		
Especificación	Peso Superior (g)	Peso inferior (g)
Antes del calentamiento		
<i>Tara + Varilla</i>	97,74	96,22
<i>Tara + Varilla + Emulsión</i>	152,49	155,59
<i>Emulsión</i>	54,75	59,37
Después del calentamiento		
<i>Tara + Varilla + Emulsión</i>	131,24	133,28

<i>A (Porcentaje parte superior)</i>	61,19
<i>B (porcentaje parte inferior)</i>	62,42

<i>Asentamiento, % (5 días)</i>	1,23
-------------------------------------	------

6.2.3.4.2. Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Tabla 86. Resultados del asentamiento a los 5 días emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

<i>Resultados</i>		
<i>Especificación</i>	<i>Peso Superior (g)</i>	<i>Peso inferior (g)</i>
<i>Antes del calentamiento</i>		
<i>Tara + Varilla</i>	90,92	95,12
<i>Tara + Varilla + Emulsión</i>	152,96	116,76
<i>Emulsión</i>	62,04	51,64
<i>Después del calentamiento</i>		
<i>Tara + Varilla + Emulsión</i>	127,69	125,5

<i>A (Porcentaje parte superior)</i>	59,27
<i>B (porcentaje parte inferior)</i>	58,83

<i>Asentamiento, % (5 días)</i>	-0,44
-------------------------------------	-------

6.2.4. Estabilidad de almacenamiento de las emulsiones asfálticas empleando la norma ASTM D6930/INEN909

6.2.4.1. Alcance

Determinar el grado de dispersión de una emulsión en un tiempo de 24 horas. Proporciona información acerca del asentamiento del asfalto en un tiempo relativamente corto de tiempo. Se evalúa este efecto a través de la diferencia de porcentaje de la muestra registrada en la parte superior e inferior o fondo de un cilindro.

6.2.4.2.Procedimiento

1. Calentar la muestra de emulsión a una temperatura de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ y mezclarla para lograr su homogenización
2. Dejar enfriar la muestra hasta temperatura ambiente
3. Depositar sobre el cilindro 500ml sellarlo y dejar reposar un periodo de tiempo de 24 horas. Posterior a este tiempo, sacar del cilindro 55ml de la parte superior del cilindro
4. Pesar una tara de 100ml con una varilla de vidrio
5. Dentro de la tara de 100ml colocar $50\text{g} \pm 0,1\text{g}$
6. Dejar fluir aproximadamente 390 ml de la parte superior y desecharla.
7. Agitar la muestra sobrante en el cilindro y pesar $50\text{g} \pm 0,1\text{g}$ dentro de la tara pesada con la varilla de vidrio
10. Llevar al horno las muestras de las taras con las varillas a una temperatura de 163°C durante un periodo de tiempo 2 horas. Pasado este tiempo retirarlos y agitar y volverlos a introducir al horno por una hora.
11. Registrar el peso de las taras más las varillas

6.2.4.3.Cálculos

$$\textit{Estabilidad de almacenamiento, \%} = B - A$$

donde:

A → *Porcentaje de residuo de la muestra superior del cilindro*

B → *Porcentaje de residuo de la muestra inferior o fondo del cilindro*

6.2.4.4.Resultados

6.2.4.4.1. Emulsión Normal CSS-1h

Tabla 87.Resultados de la estabilidad de almacenamiento a las 24 horas Emulsión normal CSS-1h

Resultados		
Especificación	Peso Superior (g)	Peso inferior (g)
Antes del calentamiento		
Tara + Varilla	92,1	87,4
Tara + Varilla + Emulsión	154,68	139,35
Emulsión	62,58	51,95
Después del calentamiento		
Tara + Varilla + Emulsión	130,88	119,62

A (Porcentaje parte superior)	61,97
B (porcentaje parte inferior)	62,02

Estabilidad al almacenamiento, %(24h)	0,05
--	------

6.2.4.4.2. Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Tabla 88.Resultados de la estabilidad de almacenamiento a las 24 horas Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Resultados		
Especificación	Peso Superior (g)	Peso inferior (g)
Antes del calentamiento		
Tara + Varilla	85,41	91,91
Tara + Varilla + Emulsión	131,93	151,91
Emulsión	46,52	60
Después del calentamiento		
Tara + Varilla + Emulsión	112,85	125,62

<i>A (Porcentaje parte superior)</i>	58,99
<i>B (porcentaje parte inferior)</i>	56,18

<i>Estabilidad al almacenamiento, %(24h)</i>	-2,80
--	-------

6.2.5. Carga de las partículas de emulsiones asfálticas empleando la norma ASTM D244

6.2.5.1. Alcance

Identificar la carga de las partículas que componen las emulsiones asfálticas. Se caracteriza como catiónicas aquellas partículas de carga positiva y como aniónicas a las partículas cargadas negativamente. Para determinar el tipo de carga se emplea unos electrodos conectados a una fuente de alimentación, sobre los electrodos después de un periodo de tiempo se deposita emulsión donde el electrodo se carga negativamente cátodo y aniónicas se carga positivamente el electrodo.

6.2.5.2. Procedimiento

1. Calentar la emulsión asfáltica a una temperatura de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ y se la homogeniza.
2. Verter sobre un vaso de vidrio una cantidad tal que supere los 25.4mm que miden los electrodos.
3. Introducir los electrodos en la emulsión hasta los 24.5mm
4. Conectar los electrodos a la fuente alimentación y hacer circular una corriente 8miliamperior
5. Cronometrar desde el momento que se pone a circular la corriente.
6. En el instante que la corriente que circula sea 2 miliamperios o posterior a 30 minutos se procede a suspender la circulación de corriente y se retiran los electrodos

7. Lavar los electrodos con agua destilada
8. Se observa los electrodos para determinar en cual electrodo se depositó la emulsión

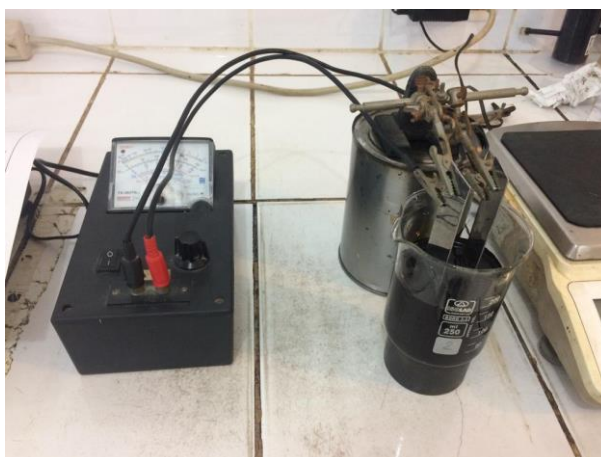


Figura 39.Ensayo de carga de la partícula en las emulsiones asfálticas

6.2.5.3.Resultados

6.2.5.3.1. Emulsión Normal CSS-1h

Tabla 89.Resultados de la carga de las partículas de la emulsión normal CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Polaridad de las Partículas Bituminosas</i>
<i>1</i>	<i>Positiva</i>
<i>Tipo de Emulsión</i>	<i>Emulsión Catiónica</i>

6.2.5.3.2. Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Tabla 90.Resultados de la carga de las partículas de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Polaridad de las Partículas Bituminosas</i>
<i>1</i>	<i>Positiva</i>

<i>Tipo de Emulsión</i>	<i>Emulsión Catiónica</i>
-------------------------	---------------------------

6.2.6. Ensayo de mezclado con cemento empleando la norma ASTM D6935/INEN 904

6.2.6.1. Alcance

Establecer la capacidad de las emulsiones asfálticas del tipo SS (Emulsión asfáltica de curado lento) o CSS (Emulsión asfáltica catiónica de curado lento) para mezclarse con cemento portland de alta resistencia sin que haya rompimiento de la misma. Este ensayo permite identificar y clasificar a las emulsiones asfálticas de estos dos tipos.

6.2.6.2. Procedimiento

1. Calentar la emulsión asfáltica a la temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Agitar hasta obtener una emulsión homogénea.
2. Disolver la emulsión en agua evaporada. Para determinar el porcentaje de agua necesaria es necesario determinar el porcentaje de residuo de emulsión asfáltica después de ser sometida a una temperatura de $163 \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 3 horas. Y se calcula empleando la siguiente ecuación

$$\% \text{ de agua} = 100 - \left(\frac{55}{\% \text{ de residuo}} \times 100 \right)$$

3. Tamizar el cemento portland a través del tamiz de 1,40 mm. Recolectar $50 \pm 0,1$ g de cemento en un recipiente metálico.
4. Registrar el peso del tamiz de 1,40mm y de su bandeja
5. Calentar el tamiz con su bandeja y el cemento a una temperatura de 25°C .

6. Depositar 100ml de emulsión asfáltica en el recipiente metálico que contiene el cemento portland y mezclar con una varilla metálica con una velocidad de 60 revoluciones por minuto por un periodo de tiempo de un minuto. Verter 150ml de agua evaporada y agitar durante 3 minutos más.
7. Tamizar la mezcla a través del tamiz 1,40mm. Limpiar el tamiz con agua evaporada asegurándose que toda la mezcla del recipiente metálico se haya desprendido para lo que es necesario realizar lavados sucesivos.
8. Meter al horno el tamiz con la bandeja y calentarlo a una temperatura de 163 ± 3 °C por un tiempo de 1 hora. Dejar reposar a temperatura ambiente y registrar su peso.



Figura 40. Tamizado del cemento portland sobre emulsiones asfálticas normal y aditivada



Figura 41. Mezclado de emulsión con cemento portland

6.2.6.3. Cálculos

$$\text{Masa retenida} = B - A$$

donde:

$A \rightarrow$ Masa del tamiz y la bandeja (g)

$B \rightarrow$ Masa del tamiz, la bandeja y el residuo (g)

6.2.6.4. Resultados

6.2.6.4.1. Emulsión Normal CSS-1h

Tabla 91. Resultados del mezclado con cemento de la emulsión normal CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Descripción</i>	<i>Masa (g)</i>
<i>A= Masa del tamiz y la bandeja, g</i>	216,3
<i>B= Masa del tamiz, la bandeja y el residuo, g</i>	218,28
<i>Masa retenida</i>	<i>B - A</i>
<i>Masa retenida</i>	1,98

6.2.6.4.2. Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Tabla 92. Resultados del mezclado con cemento de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Descripción</i>	<i>Masa (g)</i>
<i>A= Masa del tamiz y la bandeja, g</i>	216,5

<i>B= Masa del tamiz, la bandeja y el residuo, g</i>	217,15
--	--------

<i>Masa retenida</i>	<i>B - A</i>
<i>Masa retenida</i>	0,65

6.2.7. Ensayo de tamizado en emulsiones asfálticas empleando la norma ASTM D6933/INEN 906

6.2.7.1. Alcance

Determinar la presencia de partículas de emulsión asfáltica de tamaño considerable empleando un tamiz de 76mm. Este ensayo permite identificar glóbulos de asfalto de gran tamaño que puedan afectar a los equipos utilizados para la aplicación. Además, es un indicativo del grado de estabilidad de la emulsión

6.2.7.2. Procedimiento

1. Calentar la emulsión asfáltica a la temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y homogenizarla.
2. Registrar como A al peso del tamiz más la bandeja
3. Registrar como C al peso del recipiente que contiene la emulsión asfáltica
4. Depositar 1000g de emulsión asfáltica en el tamiz de 76mm
5. Registrar como D el peso del recipiente vacío que contenía la emulsión asfáltica
6. Limpiar el tamiz con agua evaporada hasta que el agua salga clara
7. Meter al horno el tamiz y calentarlo a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 2 horas. Dejar enfriar a temperatura ambiente y registrar el peso del tamiz, la bandeja y el residuo.

6.2.7.3. Cálculos

$$\text{Partículas de gran tamaño} = \frac{B - A}{C - D} \times 100$$

donde:

A → *Peso del tamiz y la bandeja (g)*

B → *Peso del tamiz, la bandeja y el residuo (g)*

C → *Peso del recipiente lleno (g)*

D → *Peso del recipiente vacío (g)*



Figura 42. Tamizado de la muestra de emulsión

6.2.7.4. Resultados

6.2.7.4.1. Emulsión Normal CSS-1h

Tabla 93. Resultados del ensayo de tamizado de la emulsión normal CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Descripción</i>	<i>Peso (g)</i>
<i>A= Peso del tamiz y la bandeja</i>	201,62
<i>B= Peso del tamiz, la bandeja y el residuo</i>	201,45
<i>C= Peso del recipiente de la muestra lleno</i>	1177,13
<i>D= Peso del recipiente de la muestra vacío</i>	278,2

<i>Partículas de gran tamaño</i>	$\frac{B - A}{C - D} * 100$
<i>Partículas de gran tamaño, %</i>	-0,02

6.2.7.4.2. Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Tabla 94. Resultados del ensayo de tamizado de la Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Descripción</i>	<i>Peso (g)</i>
<i>A= Peso del tamiz y la bandeja</i>	201,61
<i>B= Peso del tamiz, la bandeja y el residuo</i>	201,47
<i>C= Peso del recipiente de la muestra lleno</i>	1160,24
<i>D= Peso del recipiente de la muestra vacío</i>	271,77

<i>Partículas de gran tamaño</i>	$\frac{B - A}{C - D} * 100$
<i>Partículas de gran tamaño, %</i>	-0,02

6.2.8. Residuo por evaporación de las emulsiones asfálticas empleando la norma INEN

905

6.2.8.1. Alcance

Establecer las propiedades de composición de las emulsiones asfálticas determinando cuantitativamente el residuo al someterlas a una temperatura de 163 ± 3 °C durante 2 horas.

Este ensayo constituye un criterio de aceptación mas no de rechazo de la emulsión asfáltica al no cumplir con las especificaciones técnicas que se plantean para el residuo obtenido por destilación.

6.2.8.2.Procedimiento

1. Calentar la emulsión asfáltica a una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y homogenizarla hasta que esté completamente fluida.
2. Registrar el peso de 3 contenedores con la varilla de vidrio
3. Depositar en los contenedores $50 \pm 0,1$ g de emulsión asfáltica
4. Calentar en la estufa los contenedores con las muestras y las varillas a una temperatura de $163 \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 2 horas
5. Dejar reposar a temperatura ambiente y registrar sus pesos

6.2.8.3.Cálculos

$$\text{Residuos, \%} = 2(A - B)$$

donde:

A → *Peso del vaso, la varilla t el residuo (g)*

B → *Peso del vaso y la varilla (g)*

6.2.8.4.Resultados

6.2.8.4.1. Emulsión Normal CSS-1h

Tabla 95.Resultados del residuo por evaporación de la emulsión normal CSS-1h

Resultados							
Especificación	Peso (g)						
	1	2	3	4	5	6	7
Antes del Calentamiento							
Tara + varilla	87,68	88,04	104,06	92,58	91,22	91,41	87,18
Asfalto	50,69	50,18	50,08	50,47	50,41	50,37	50,6
Antes del Calentamiento							
Tara + varilla + residuo	118,6	118,74	134,69	123,34	122,04	122,09	118,12
Residuo	61,84	61,4	61,26	61,52	61,64	61,36	61,88

Promedio	61,56
-----------------	-------

6.2.8.4.2. Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Tabla 96. Resultados del residuo por evaporación de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Resultados							
Especificación	Peso (g)						
	1	2	3	4	5	6	7
Antes del Calentamiento							
Tara + varilla	111,36	99,31	97,2	98,76	92,5	96,01	111,1
Asfalto	50,69	50,62	50,12	50,14	50,53	50,76	50,53
Antes del Calentamiento							
Tara + varilla + residuo	139,24	127,34	125,85	127,15	120,63	124,7	140,93
Residuo	55,76	56,06	57,3	56,78	56,26	57,38	59,66

Promedio	57,03
-----------------	-------

6.2.9. Determinación de la ductilidad en el residuo de la emulsión asfáltica utilizando la norma ASTM D113/ INEN 916

6.2.9.1. Alcance

Determinar la elongación de una probeta del residuo de la emulsión asfáltica, registrando la distancia de alargamiento, generada por una extensión mecánica, que logra la muestra antes de su ruptura a velocidad y temperatura específicas. La ductilidad se define como una propiedad de los ligantes asfálticos que establece la cantidad de deformación que puede soportar bajo la acción de una fuerza externa sin romperse.

6.2.9.2.Procedimiento

1. Armar el molde colocándolo sobre la placa de bronce
2. Cubrir con agente antiadherente la placa y las caras internas del molde detallado en la figura propuesta a continuación. El agente antiadherente está conformado por glicerina y talco. Verificar que el molde este perfectamente ajustado a la placa y nivelado.
3. Depositar a muestra sobre el molde, de forma lenta y llenando de lado a lado. La muestra de la emulsión asfáltica debe calentarse hasta una temperatura máxima de $25 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ para que esté completamente fluida.
4. Dejar reposar la muestra durante un período de tiempo de $35\text{min} \pm 5\text{min}$ a temperatura ambiente.
5. Sumergir la muestra en el baño de agua temperada a $25 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ durante $35\text{mi} \pm 5\text{min}$.
6. Posterior a este tiempo enrazar para retirar la emulsión asfáltica en exceso
7. Sumergir la muestra durante $90\text{min} \pm 5\text{min}$ en el baño de agua a la temperatura especificada del ensayo
8. Retirar las placas superior e inferior ajustadas, este proceso se debe realizar dentro del agua, evitando que la muestra pueda fracturarse.
9. Fijar los anillos laterales a los ganchos del ductilómetro, el agua del baño debe estar a 2,5cm sobre la muestra cubriéndola completamente. Accionar la maquina a velocidad uniforme.
10. Registrar la distancia a la que la briqueta sufra la ruptura.

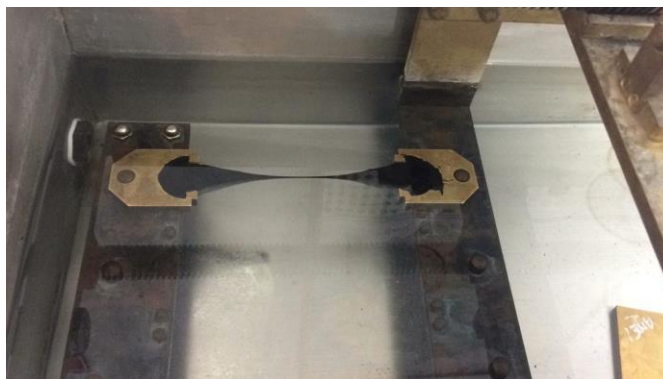


Figura 43. Probeta de ductilidad ensayada sobre el residuo de emulsión asfálticas

6.2.9.3. Resultados

6.2.9.3.1. Residuo de la Emulsión Normal CSS-1h

Tabla 97. Resultados de la ductilidad sobre residuo de la emulsión normal CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>
<i>1</i>	<i>25</i>
<i>2</i>	<i>26</i>
<i>Promedio</i>	<i>25,50</i>

6.2.9.3.2. Residuo de la Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Tabla 98. Resultados de la ductilidad sobre el residuo de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>
<i>1</i>	<i>43</i>
<i>2</i>	<i>44</i>
<i>Promedio</i>	<i>43,50</i>

6.2.10. Determinación de la penetración sobre el residuo de emulsión asfáltica utilizando la norma ASTM D5/ INEN 917

6.2.10.1. Alcance

Establecer la penetración de una aguja estándar en una muestra de emulsión asfáltica registrado en decimas de milímetro bajo condiciones estándar de tiempo, carga y temperatura.

6.2.10.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra a una temperatura máxima de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ logrando que este fluida y homogenizarla antes de colocarla en el molde.
2. Depositar la emulsión asfáltica en el molde. La profundidad mínima debe ser el 120% de la profundidad de penetración de la aguja.
3. Dejar reposar a temperatura ambiente durante un periodo de 1 hora
4. Sumergir en el baño de agua temperado a $25 \pm 0,5\text{ °C}$ durante una hora y media
5. El ensayo debe realizar bajo condiciones de temperatura carga y tiempo, por lo que es necesario que posterior al tiempo de sumergido la muestra se transferirá hasta penetrómetro en un vaso de precipitación de 350ml sumergido en el agua 25 °C .
6. Se debe verificar que el vástago de la aguja esté libre de cualquier impureza. La carga sobre la aguja es de $100\text{g} \pm 0,1\text{g}$. Además, el penetrómetro debe estar encerado. Este proceso debe repetirse en cada lectura.
7. Posicionar la aguja colocándolo lo más cercano posible a la superficie de la muestra de asfalto. Sincronizar el temporizador y presionar el botón para que la aguja descienda durante 5s
8. Registrar la lectura de la penetración, girando la perilla



Figura 44. Ensayo de ductilidad en la emulsión asfáltica

6.10.3. Resultado

6.10.3.1. Residuo de la Emulsión Normal CSS-1h

Tabla 99. Resultados de la penetración sobre residuo de la emulsión normal CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>
<i>1</i>	<i>54</i>
<i>2</i>	<i>56</i>
<i>Promedio</i>	<i>55,00</i>

6.2.10.3.2. Residuo de la Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Tabla 100. Resultados de la penetración sobre el residuo de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>
<i>1</i>	<i>155</i>
<i>2</i>	<i>215</i>
<i>Promedio</i>	<i>185,00</i>

6.2.11. Punto de reblandecimiento método anillo y bola sobre el residuo de la emulsión asfáltica utilizando la norma ASTM D36/ INEN 920

6.2.11.1. Alcance

Establecer el punto de reblandecimiento de la emulsión asfáltica empleando un equipo conformado por anillo y bola. El punto de reblandecimiento nos permite conocer la uniformidad y la tendencia a fluir que tiene un ligante al ser sometido a altas temperaturas de uso. Dos anillos de latón cubiertos por emulsión asfáltica depositados en un baño de agua en una placa de vertido son calentados, cada uno soporta una carga generada por bolas de acero. Las bolas tienden a atravesar el anillo de emulsión asfáltica a una temperatura determinada que define el punto de reblandecimiento.

6.2.11.2. Procedimiento

1. Calentar la emulsión asfáltica a una temperatura máxima de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ sobre el punto de reblandecimiento hasta que se logre la fluidez para ser depositado en los anillos. Homogenizar antes de la aplicación.
2. Previamente cubrir los anillos con agente antiadherente. Verter la muestra sobre los anillos
3. Dejar reposar los dos anillos a temperatura ambiente durante 30 minutos
4. Enrazar los anillos para retirar el exceso de bitumen y así quede completamente nivelado con la parte superior del anillo
5. Ensamblar el equipo de vertido con los dos anillos, centradores de las bolas y el termómetro. Depositarlo dentro de un baño de agua de profundidad de $105\text{mm} \pm 3\text{mm}$, empleando un vaso de precipitación

6. Calentar uniformemente todo el equipo de vertido ensamblado, empleando un agitador magnético
7. Verificar que la temperatura del baño de agua tenga incrementos uniformes de 5°C
8. Registrar la temperatura en el termómetro a la cual la bola atraviesa el bitumen y se deposita en el fondo de la placa.



Figura 45. Punto de reblandecimiento de las emulsiones asfálticas

6.2.11.3. Resultado

6.2.11.3.1. Residuo de la Emulsión Normal CSS-1h

**Tabla 101. Resultados del punto de reblandecimiento del residuo de la emulsión normal
CSS-1h**

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Punto de reblandecimiento (°C)</i>
<i>1</i>	<i>52</i>
<i>2</i>	<i>53</i>
<i>Promedio</i>	<i>53</i>

6.2.11.3.2. Residuo de la Emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

Tabla 102. Resultados del punto de reblandecimiento del residuo de la emulsión aditivada para riego de imprimación CSS-1h

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Punto de reblandecimiento (°C)</i>
<i>1</i>	<i>45</i>
<i>2</i>	<i>46</i>
<i>Promedio</i>	<i>46</i>

6.2.12. Resumen de resultados de los ensayos realizados en la emulsión asfáltica normal y aditivado

Tabla 103. Resumen de resultados de los ensayos realizados en la emulsión asfáltica normal CSS-1h

<i>ESPECIFICACIONES</i>		<i>NORMAS</i>		<i>RANGO ACEPTABLE</i>		<i>RESULTADOS</i>	<i>CUMPLE / NO CUMPLE</i>
		<i>ASTM</i>	<i>INEN</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>		
<i>ENSAYOS</i>	<i>UNIDADES</i>						
<i>Viscosidad</i>							
<i>Furol a 25°C</i>	<i>SSF</i>	<i>ASTM D244</i>	<i>INEN 1981</i>	<i>20</i>	<i>100</i>	<i>20,00</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Asentamiento, a los 5 días</i>	<i>%</i>	<i>ASTM D244</i>	<i>INEN 910</i>	<i>-</i>	<i>5</i>	<i>1,23</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Estabilidad de almacenamiento 24h</i>	<i>%</i>	<i>ASTM D6930</i>	<i>INEN 909</i>	<i>-</i>	<i>1</i>	<i>0,05</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Capacidad de cubrimiento</i>							
<i>Carga de la partícula</i>		<i>ASTM D244</i>	<i>INEN 908</i>	<i>Positiva</i>		<i>Positiva</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Mezcla con cemento</i>	<i>% m/m</i>	<i>ASTM D6935</i>	<i>INEN 904</i>	<i>-</i>	<i>2</i>	<i>1,98</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Ensayo Tamizado</i>	<i>% m/m</i>	<i>ASTM D6933</i>	<i>INEN 906</i>	<i>-</i>	<i>0,1</i>	<i>-0,02</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Evaporación</i>							
<i>Residuo</i>	<i>%V</i>		<i>INEN 905</i>	<i>57</i>	<i>-</i>	<i>62</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Ensayos sobre residuos</i>							
<i>Penetración a 25°C, 100g, 5s</i>	<i>1/10 mm</i>		<i>INEN 917</i>	<i>40</i>	<i>90</i>	<i>55,00</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Ductilidad a 25°C, 100g, 5cm/min</i>	<i>dmm</i>		<i>INEN 916</i>	<i>40</i>	<i>-</i>	<i>25,50</i>	<i>NO CUMPLE</i>
<i>Punto de ablandamiento</i>	<i>°C</i>	<i>ASTM D36</i>	<i>INEN 915</i>	<i>REPORTAR</i>		<i>53</i>	<i>CUMPLE</i>

Tabla 104. Resumen de resultados de los ensayos realizados en la emulsión asfáltica Aditivada CSS-1h

<i>ESPECIFICACIONES</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>NORMAS</i>		<i>RANGO ACEPTABLE</i>		<i>RESULTADOS</i>	<i>CUMPLE / NO CUMPLE</i>
		<i>ASTM</i>	<i>INEN</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>		
<i>Viscosidad</i>							
<i>Furol a 25°C</i>	<i>SSF</i>	<i>ASTM D244</i>	<i>INEN 1981</i>	<i>20</i>	<i>100</i>	<i>22,00</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Asentamiento, a los 5 días</i>	<i>%</i>	<i>ASTM D244</i>	<i>INEN 910</i>	<i>-</i>	<i>5</i>	<i>-0,44</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Estabilidad de almacenamiento 24h</i>	<i>%</i>	<i>ASTM D6930</i>	<i>INEN 909</i>	<i>-</i>	<i>1</i>	<i>-2,80</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Capacidad de cubrimiento</i>							
<i>Carga de la partícula</i>		<i>ASTM D244</i>	<i>INEN 908</i>	<i>Positiva</i>		<i>Positiva</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Mezcla con cemento</i>	<i>% m/m</i>	<i>ASTM D6935</i>	<i>INEN 904</i>	<i>-</i>	<i>2</i>	<i>0,65</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Ensayo Tamizado</i>	<i>% m/m</i>	<i>ASTM D6933</i>	<i>INEN 906</i>	<i>-</i>	<i>0,1</i>	<i>-0,02</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Evaporación</i>							
<i>Residuo</i>	<i>%V</i>		<i>INEN 905</i>	<i>57</i>	<i>-</i>	<i>57</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Ensayos sobre residuos</i>							
<i>Penetración a 25°C, 100g, 5s</i>	<i>1/10 mm</i>		<i>INEN 917</i>	<i>40</i>	<i>90</i>	<i>185,00</i>	<i>NO CUMPLE</i>
<i>Ductilidad a 25°C, 100g, 5cm/min</i>	<i>dmm</i>		<i>INEN 916</i>	<i>40</i>	<i>-</i>	<i>43,00</i>	<i>CUMPLE</i>
<i>Punto de reblandecimiento</i>	<i>°C</i>	<i>ASTM D36</i>	<i>INEN 915</i>	<i>REPORTAR</i>		<i>46</i>	<i>CUMPLE</i>

6.3. Asfalto Diluido

Los asfaltos diluidos fueron empleados habitualmente en tratamientos superficiales y mezclas abiertas, sin embargo, en la actualidad su uso se ve restringido debido al gran impacto ambiental que estos generan debido a la evaporación de sus solventes. Además, presenta alta peligrosidad para la salud y alta probabilidad de incendios. En el Ecuador la normativa que rige las especificaciones técnicas para riego de imprimación incluyen a este tipo de ligante bituminoso para su aplicación. Se detalla el uso del asfalto de curado rápido RC-250. Los ensayos para el control de calidad para este material bituminoso se detallan en la sección 3.2.3 de la presente investigación. Las muestras para realizar los ensayos de control de calidad fueron provistas para la empresa Naranjo – López. Los ensayos realizados se describen a continuación.

6.3.1. Viscosidad Cinemática a 60°C utilizando el viscosímetro de brookfield de asfalto diluido RC-250 empleando la norma ASTM D2171

6.3.1.1. Alcance

Determinar la consistencia del asfalto RC-250 expuesto a una temperatura de 60°C. La viscosidad es una propiedad esencial, ya que proporciona información acerca del comportamiento ante esta temperatura, y a partir de esta información se garantizan condiciones apropiadas en la producción y colocación. El viscosímetro de brookfield registra la viscosidad de un par de torsión haciendo girar un vástago sumergido en la muestra de asfalto

6.3.1.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra de asfalto RC-250 hasta lograr su fluidez. Evitar el sobrecalentamiento para evitar la pérdida de componentes.

2. Configurar el controlador de temperatura a 60°C. Cuando este haya alcanzado la temperatura deseada se retira el contenedor del vaso metálico.
3. Llenar el vaso metálico de 92mm de diámetro con 7g de la muestra.
4. Insertar el contenedor de muestras y se sitúa el vástago descendiendo suavemente hasta que penetra el material asfáltico.
5. Se configura la velocidad de rotación y la temperatura de la muestra empleando el software de la pantalla táctil del viscosímetro.
6. Se inicia el ensayo y después de un periodo de tiempo se registra la viscosidad.

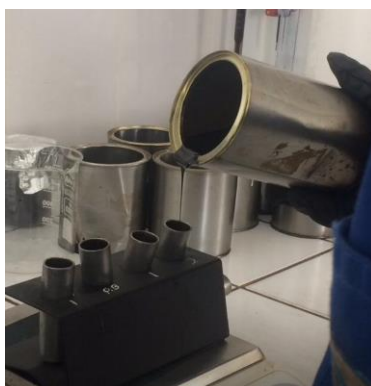


Figura 46. Muestra en contenedores de viscosidad a 60°C en RC-250

6.3.1.3. Resultados

6.3.1.3.1. RC-250

Tabla 105. Resultados de la viscosidad cinemática a 60°C sobre el asfalto diluido RC-250

<i>Resultados</i>	
<i>Viscosidad (cp)</i>	472,5
<i>Torque (%)</i>	65
<i>Densidad relativa (g/mm³)</i>	0,95109
<i>Densidad del Agua (g/mm³)</i>	0,000997
<i>Densidad (g/mm³)</i>	0,000948239

$$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$$

<i>Viscosidad (Pas)</i>	<i>0,4725</i>
<i>Viscosidad (Cst)</i>	<i>498,29192</i>

6.3.2. Viscosidad Saybold Furol a 60°C de Asfalto diluido RC-250 empleando la norma ASTM D244/ INEN 1981

6.3.2.1. Alcance

Determinar el tiempo en el que una muestra de 60ml del asfalto diluido RC-250 luye por medio de un orificio de características especificadas, a una temperatura de 60°C. Este ensayo permite determinar la consistencia de la emulsión asfáltica estableciendo la cantidad de asfalto. Este fenómeno se identifica en el momento que el orificio se obstruye por la presencia de grandes gotas de asfalto lo que indica el rompimiento de la emulsión.

6.3.2.2. Procedimiento

1. Colocar el tapón de corcho del viscosímetro ubicado en la cámara de aire.
2. Calentar la muestra a una temperatura de 1,7°C mayor a la especificada para la realización del ensayo.
3. Homogenizar la muestra y tamizarla en el tamiz Nro.100, empleando un embudo para evitar que se derrame la emulsión colocarla en el viscosímetro hasta donde indica el nivel por encima de circulo de desborde.
4. Mezclar la muestra del viscosímetro con ayuda de un termómetro girando a una velocidad de 30 a 50 rpm.
5. Colocar la copa receptora en el punto exacto y quitar el corcho para que fluya la emulsión
6. Encender el cronómetro en el instante que se retira el corcho
7. Parar el cronómetro cuando en la copa receptora se observe que alcanzo lo 60 ml.
8. Registrar el tiempo en el que se alcanzó los 60ml

6.3.2.3.Resultados

6.3.2.3.1. RC-250

Tabla 106.Resultados de la viscosidad Saybolt furol 60°C sobre el asfalto diluido RC-250

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Tiempo de flujo (s)</i>
<i>1</i>	<i>220</i>
<i>Viscosidad Saybolt 60ª C</i>	<i>220,00</i>

6.3.3. Punto de inflamación de copa abierta de Cleveland empleando la norma ASTM D93-11/INEN 1493

6.3.3.1.Alcance

Determinar el punto de inflamación del asfalto diluido RC-250 empleando la copa cerrada de bronce para la temperatura máxima de 370°C. Este ensayo permite determinar el riesgo de inflamabilidad e identificar componentes volátiles en materiales relativamente no inflamables.

6.3.3.2.Procedimiento

1. Calentar la muestra a una temperatura máxima de 28°C bajo el punto de inflamación esperado durante un periodo de 30 minutos hasta obtener fluidez. Homogenizar antes de colocar en la copa. Es necesario por lo menos 75ml de muestra
2. Situar el equipo manual sobre una superficie completamente nivelada, con suficiente aireación. Además, limpiar la copa con solventes hasta dejarla completamente seca.
3. Se empleará el procedimiento A que es con equipo Manual.

Verter el material bituminoso en la copa hasta la línea que se marca.

4. Prender la llama verificando que el diámetro este dentro del rango 3,2mm y 4,8mm. Tener precaución en el encendido.
5. Someter la muestra al calor a una temperatura que aumente en razón de 5 a 6°C/min
6. Encender la máquina de agitación y ajustarla a una velocidad de 90 y 120rpm, además que la forma de agitado debe ser en una sola dirección.
7. Parar la máquina de agitación y activar el sistema que permita que la fuente de ignición ingrese en el vapor de la copa en 0,5 s y quitarla de manera inmediata.

6.3.3.3. Resultados

6.3.3.3.1. RC-250

Tabla 107. Resultados del punto de inflamación sobre el asfalto diluido RC-250

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Punto de inflamación(°C)</i>
<i>1</i>	<i>27</i>
<i>Promedio</i>	<i>27</i>

6.3.4. Residuo por destilación de asfalto diluido RC-250 empleando la norma ASTM E1/INEN 921

6.3.4.1. Alcance

Determinar el residuo por destilación del asfalto diluido RC-250. Este ensayo permite evaluar las propiedades que tiene el residuo y determinar la proporción de compuestos volátiles que forma parte de este tipo de asfalto.

6.3.4.2. Procedimiento

1. Calentar el espécimen de asfalto diluido a ensayar hasta lograr su homogenización

2. Armar el equipo de destilación e incrementar la temperatura de manera que se destile la primera gota en la parte extrema del tubo del balón, a partir de los 5 0 15 minutos de iniciado el proceso
3. Dirigir la dirección de la destilación durante 10 minutos, tiempo en el que deberá finalizar el proceso
4. Establecer el volumen de destilado
5. En el momento que el termómetro registra la temperatura de 360°C, se para el proceso de calentamiento y se retira el balón con el mecanismo de termométrico
6. Verter el contenido de residuo del balón en un recipiente. El tiempo entre la detención del calentamiento y el vertido debe ser máximo 60 segundos.
7. Drenar el condensador para liberar de partes del destilado
8. Registrar el volumen total del destilado total a una temperatura de 360°C
9. Dejar enfriar el residuo y cuando este se encuentre a una temperatura de 135 °C ± 5 °C depositarlo en las probetas de ensayo de penetración, ductilidad y viscosidad.

6.3.4.3. Cálculos

$$R = [(200 - TD)/200] \times 100$$

donde:

R → *Contenido de residuo, %V*

TD → *Destilado total a 360°C*

6.3.4.4.Resultados

6.3.4.4.1. RC-250

Tabla 108.Resultados del contenido de residuo del asfalto diluido RC-250

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Destilado total a 360°C (ml)</i>
<i>1</i>	<i>348,6</i>

<i>Contenido de residuo, %V</i>	74
---------------------------------	----

6.3.5. Viscosidad Absoluta a 60°C utilizando el viscosímetro de brookfield de RC-250 empleando la norma ASTM D2171

6.3.5.1. Alcance

Determinar la consistencia del asfalto diluido RC-250 expuesto a una temperatura de 60°C. La viscosidad es una propiedad esencial, ya que proporciona información acerca del comportamiento ante esta temperatura, y a partir de esta información se garantizan condiciones apropiadas en la producción y colocación. El viscosímetro de brookfield registra la viscosidad de un par de torsión haciendo girar un vástago sumergido en la muestra de asfalto

6.3.5.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra de asfalto a una temperatura de $135\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ hasta lograr su fluidez.
2. Configurar el controlador de temperatura a 60°C. Cuando este haya alcanzado la temperatura deseada se retira el contenedor del vaso metálico.
3. Llenar el vaso metálico de 92mm de diámetro con 7g de la muestra.
4. Insertar el contenedor de muestras y se sitúa el vástago descendiendo suavemente hasta que penetra el material asfáltico.
5. Se configura la velocidad de rotación y la temperatura de la muestra empleando el software de la pantalla táctil del viscosímetro.
6. Se inicia el ensayo y después de un periodo de tiempo se registra la viscosidad.

6.3.5.3. Cálculos

El reporte en la pantalla de la viscosidad esta expresado en centipoises (Cp) por lo que es necesario transformar a pascal por segundo

$$cP \rightarrow 0,001 Pa.s$$

6.3.5.4.Resultados

6.3.5.4.1. RC-250

Tabla 109.Resultados de la viscosidad absoluta a 60°C sobre el residuo asfalto diluido

RC-250

<i>Resultados</i>	
<i>Viscosidad (cp)</i>	635780
<i>Torque (%)</i>	25

$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$

<i>Viscosidad (Pas)</i>	635,78
-------------------------	--------

6.3.6. Determinación de la ductilidad sobre el residuo de asfalto diluido RC-250 utilizando la norma ASTM D113/ INEN 916

6.3.6.1.Alcance

Determinar la elongación de una probeta del residuo por destilación del asfalto diluido RC-250, registrando la distancia de alargamiento, generada por una extensión mecánica, que logra la muestra antes de su ruptura a velocidad y temperatura específicas. La ductilidad se define como una propiedad de los ligantes asfálticos que establece la cantidad de deformación que puede soportar bajo la acción de una fuerza externa sin romperse.

6.3.6.2.Procedimiento

1. Armar el molde colocándolo sobre la placa de bronce

2. Cubrir con agente antiadherente la placa y las caras internas del molde detallado en la figura propuesta a continuación. El agente antiadherente está conformado por glicerina y talco. Verificar que el molde este perfectamente ajustado a la placa y nivelado.
3. Depositar a muestra sobre el molde, de forma lenta y llenando de lado a lado. La muestra de ligante bituminoso debe calentarse hasta una temperatura máxima de 135°C para que esté completamente fluida.
4. Dejar reposar la muestra durante un período de tiempo de $35\text{min} \pm 5\text{min}$ a temperatura ambiente.
5. Sumergir la muestra en el baño de agua temperada a $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante $35\text{min} \pm 5\text{min}$.
6. Posterior a este tiempo enrazar para retirar el material bituminoso en exceso
Sumergir la muestra durante $90\text{min} \pm 5\text{min}$ en el baño de agua a la temperatura especificada del ensayo
7. Retirar las placas superior e inferior ajustadas, este proceso se debe realizar dentro del agua, evitando que la muestra pueda fracturarse.
8. Fijar los anillos laterales a los ganchos del ductilómetro, el agua del baño debe estar a 2,5cm sobre la muestra cubriéndola completamente. Accionar la maquina a velocidad uniforme.
9. Registrar la distancia a la que la briqueta sufra la ruptura

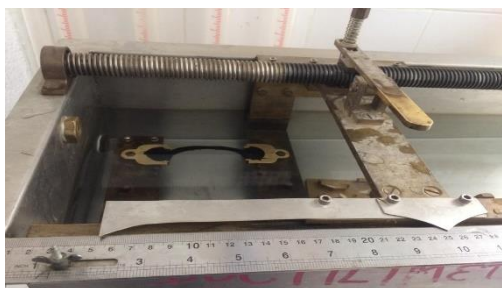


Figura 47. Ensayo de ductilidad de la probeta de RC-250

6.3.6.3.Resultados

6.3.6.3.1. RC-250

Tabla 110.Resultados de la ductilidad sobre el residuo asfalto diluido RC-250

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>
<i>1</i>	<i>107</i>
<i>2</i>	<i>110</i>
<i>Promedio</i>	<i>108,50</i>

6.3.7. Determinación de la penetración sobre el residuo de asfalto diluido de RC-250 utilizando la norma ASTM D5/ INEN 917

6.3.7.1.Alcance

Establecer la penetración de una aguja estándar en una muestra de cemento asfáltico registrado en decimas de milímetro bajo condiciones estándar de tiempo, carga y temperatura.

6.3.7.2.Procedimiento

1. Calentar la muestra a una temperatura máxima de 135°C, logrando que este fluida y homogenizarla antes de colocarla en el molde.
2. Depositar el material bituminoso en el molde. La profundidad mínima debe ser el 120% de la profundidad de penetración de la aguja.
3. Dejar reposar a temperatura ambiente durante un periodo de 1 hora
4. Sumergir en el baño de agua temperado a $25 \pm 0,5$ °C durante una hora y media
5. El ensayo debe realizar bajo condiciones de temperatura carga y tiempo, por lo que es necesario que posterior al tiempo de sumergido la muestra se transferirá hasta penetrómetro en un vaso de precipitación de 350ml sumergido en el agua 25°C.

6. Se debe verificar que el vástago de la aguja esté libre de cualquier impureza. La carga sobre la aguja es de $100\text{g} \pm 0,1\text{g}$. Además, el penetrómetro debe estar encerado. Este proceso debe repetirse en cada lectura.
7. Posicionar la aguja colocándolo lo más cercano posible a la superficie de la muestra de asfalto. Sincronizar el temporizador y presionar el botón para que la aguja descienda durante 5s
8. Registrar la lectura de la penetración, girando la perilla

6.3.7.3.Resultados

6.3.7.3.1. RC-250

Tabla 111.Resultados de la penetración sobre el residuo de asfalto diluido RC-250

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>
<i>1</i>	<i>82</i>
<i>2</i>	<i>80</i>
<i>Promedio</i>	<i>81,00</i>

6.3.8. Resumen de resultados para el asfalto diluido RC-250

Tabla 112. Resumen de resultados para el asfalto diluido RC-250

ESPECIFICACIONES	UNIDADES	NORMAS		RANGO ACEPTABLE		RESULTADOS	CUMPLE / NO CUMPLE
		ASTM	INEN	Min.	Max.		
Betún original							
Viscosidad Cinemática, a 60 °C	cSt	ASTM D2171	INEN 810	250	500	498,29	CUMPLE
Saybolt- furol a 60 °C	s	ASTM E-102	AASHTO-T-102	125	250	220,00	CUMPLE
Punto de Inflamación	°C	ASTM D92	INEN 808	27		27	CUMPLE
Residuos de ensayos de película Fina en horno Rotatorio							
Residuo por destilación	%	ASTM D2872	INEN 924	REPORTAR		16,13	
Ductilidad a 25°C y 5cm/min	cm	ASTM D113	INEN 916	100	-	101,50	CUMPLE
Viscosidad Absoluta, a 60 °C	POISE	ASTM D2171	INEN 810	600	2400	635,78	CUMPLE
Penetración a 25°C , 100g 5 s	dmm	ASTM D5	INEN 917	80	120	85	CUMPLE

Capítulo 7

7.1. Análisis comparativo AC-aditivado y RC-250 para de riego de imprimación

7.1.1. Metodología

Para realizar el análisis comparativo entre AC-20 Aditivado y RC-250 e identificar las diferencias en sus propiedades, se establecieron los mismos parámetros de temperatura en los ensayos de control de calidad para los dos tipos de ligantes. Los ensayos realizados para caracterizar los ligantes fueron: ensayo de penetración, ductilidad y punto de reblandecimiento además se considera la viscosidad para el asfalto original. El ligante base para establecer comparación es el asfalto aditivado, determinando las posibles mejoras o desventajas con respecto al RC-250. La temperatura determinada para los ensayos es de 4°C. Para alcanzar esta temperatura fue necesario modificar los tiempos y el procedimiento después de colocar el ligante sobre las probetas.

7.1.2. Descripción de los ensayos

7.1.2.1. Ensayo de penetración sobre RC-250 y AC-20 Aditivado a 4°C

7.1.2.2. Significado

El ensayo de penetración permitirá determinar la consistencia de cada uno de los ligantes. Los valores de penetración elevados establecerán que el asfalto es más blando mientras que los valores pequeños establecerán que se trata de un asfalto con mayor rigidez (Salazar Delgado, 1969).

7.1.2.3. Procedimiento

1. Calentar la muestra de asfalto hasta alcanzar fluidez
2. Verter el material bituminoso en la probeta de ensayo. La profundidad mínima debe ser el 120% de la profundidad de penetración de la aguja.

3. La probeta es colocada sobre un recipiente metálico en el cual se ha depositado hielos para alcanzar la temperatura de 4°C en la muestra.
4. Dejar reposar la probeta sobre el hielo durante un periodo de tiempo de tres horas. A diferencia del procedimiento detallado en la INEN 917 la probeta no se sumerge en el baño de agua, sino que durante ese tiempo la probeta se mantiene en el hielo.
5. Enrazar la probeta transcurrida una hora y media de las tres horas de reposo en el hielo de la probeta.
6. El baño de agua en el que se realiza el ensayo debe estar a una temperatura aproximada de la muestra es por ello que se deposita hielo sobre esta y se controla su temperatura.
7. Retirar las placas superior e inferior ajustadas, este proceso se debe realizar dentro del agua, evitando que la muestra pueda fracturarse.
8. Fijar los anillos laterales a los ganchos del ductilómetro, el agua del baño debe estar a 2,5cm sobre la muestra cubriéndola completamente. Accionar la maquina a velocidad uniforme.

7.1.2.4.Resultados

7.1.2.4.1. RC-250

Tabla 113.Resultados de la penetración a 4°C sobre el asfalto diluido RC-250

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>
<i>1</i>	<i>300</i>
<i>2</i>	<i>300</i>
<i>Promedio</i>	<i>300</i>



Figura 48. Aplicación del RC-250 en probetas para ensayo comparativo a $^{\circ}\text{C}$



Figura 49. Tiempo de enfriamiento de las probetas de RC-250



Figura 50. Baño de agua a 4°C para ensayo de ductilidad



Figura 51. Penetración probeta de RC-250 A 4°C

7.1.2.4.2. AC-20 Aditivado para riego de imprimación

Tabla 114. Resultados de la penetración a 4°C sobre el asfalto aditivado AC-20

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>
<i>1</i>	<i>133</i>
<i>2</i>	<i>136</i>
<i>Promedio</i>	<i>134,50</i>



Figura 52. Probeta de AC-20 Aditivado a 4°C

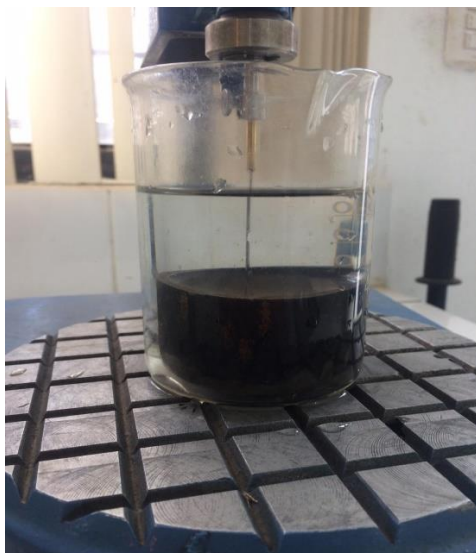


Figura 53. Penetración probeta de AC-20 Aditivado a 4°C

7.1.2.5. Análisis de resultados

La penetración obtenida para el asfalto diluido RC-250 es elevada por lo que podemos deducir que se trata de un asfalto de consistencia blanda. La consistencia es una propiedad que varía por acción de los disolventes, es por esto que el RC-250 presenta esta consistencia. Los disolventes como la nafta o gasolina que hacen que se vuelva un material más líquido. Este material para la imprimación no forma cuerpo, es decir que los disolventes hacen que este material sea muy fluido, afectando a la adherencia. De acuerdo con los resultados obtenidos para el AC-20 Aditivado podemos concluir que este presenta una mejor consistencia comparada con la consistencia del RC-250. Es semisólido lo que permite formar una película delgada que penetra sobre la capa que fue aplicada, pero también a la vez que la capa superior se adhiera.

7.1.3. Ensayo de ductilidad sobre una probeta de RC-250 y AC-20 Aditivado a 4°C

7.1.3.1. Significado

El ensayo de ductilidad permite determinar la capacidad del asfalto para deformarse o estirarse, mediante un ensayo de tipo extensión. La ductilidad en los asfaltos es un

indicativo de propiedades conglomerantes buenas, pero cuando esta ductilidad es muy elevada esto hace que los asfaltos tengan mayor susceptibilidad a la presencia de temperatura.

7.1.3.2.Procedimiento

1. Armar el molde colocándolo sobre la placa de bronce
2. Cubrir con agente antiadherente la placa y las caras internas del molde
3. Calentar el asfalto hasta que este fluido y verter sobre las probetas
4. Dejar reposar la muestra durante un período de tiempo de 3 horas temperatura de 4°C
5. Enraizar el material sobrante de las probetas a la hora y media de transcurridas las tres horas
6. Controlar y verificar que la temperatura del baño este a 4 °C
7. Fijar los anillos laterales a los ganchos del ductilómetro, el agua del baño debe estar a 2,5cm sobre la muestra cubriéndola completamente. Accionar la maquina a velocidad uniforme.
8. Registrar la distancia a la que la briqueta sufra la ruptura

7.1.3.3.Resultados

7.1.3.3.1. RC-250

Tabla 115.Resultados de la ductilidad a 4°C sobre el asfalto diluido RC-250

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>
<i>1</i>	<i>180</i>
<i>2</i>	<i>180</i>
<i>Promedio</i>	<i>180,00</i>



Figura 54. Vertido de RC-250 sobre la probeta



Figura 55. Probetas de ductilidad a 4°C RC-250



Figura 56. Ensayo de las probetas de RC-250 a 4°C

7.1.3.3.2. AC-Aditivado para riego de imprimación

Tabla 116. Resultados de la ductilidad a 4°C sobre el AC-20 Aditivado

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>
<i>1</i>	<i>101,5</i>
<i>2</i>	<i>100</i>
<i>Promedio</i>	<i>100,75</i>

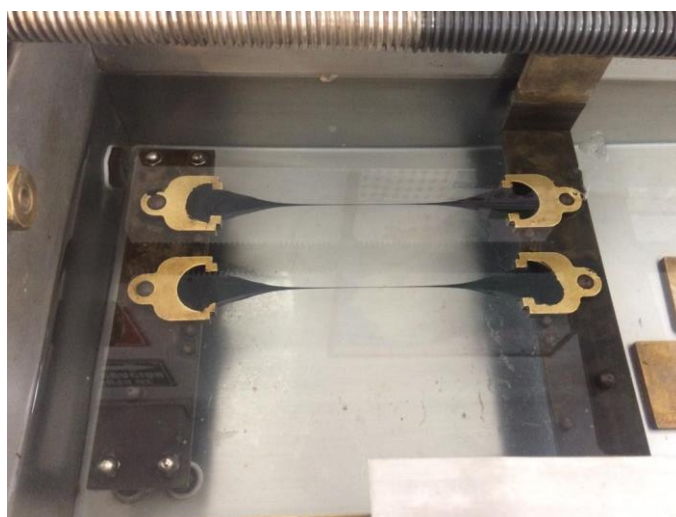


Figura 57. Ensayo de las probetas de AC-20 Aditivado a 4°C

7.1.3.4. Análisis de resultados

La ductilidad de las probetas de RC-250 es muy elevada ya que se registró una ductilidad de 180 cm, esto hace que este tipo de asfalto se termo sensible. En el riego de imprimación esto puede generar que las capas se desplacen entre si generando agrietamientos en la capa de rodadura. En el AC-20 Aditivado se registra una ductilidad normal que es un indicativo de las propiedades aglomerantes que este presenta. Esta propiedad es indispensable en el riego de imprimación, ya que permite impermeabilizar la capa granular y le proporciona una mayor resistencia mecánica a todo el pavimento por la adherencia que genera entre sus capas.

7.1.4. Ensayo de punto de reblandecimiento anillo y bola sobre una probeta de RC-250 y AC-20 Aditivado a 4°C

7.1.4.1. Significado

El punto de reblandecimiento es un indicativo de la propiedad visco elástica que presentan los asfaltos. Los materiales bituminosos no presentan un punto de fusión establecido, sino que su consistencia va disminuyendo cuando se incrementa la temperatura.

7.1.4.2. Procedimiento

1. Calentar el asfalto hasta que este fluido y homogenizarlo
2. Cubrir los anillos con agente antiadherente. Verter la muestra sobre los anillos
3. Dejar reposar los dos anillos a temperatura De 4°C durante 30 minuto
4. Enrazar los anillos para retirar el exceso de bitumen y así quede completamente nivelado con la parte superior del anillo
5. Ensamblar el equipo de vertido con los dos anillos, centradores de las bolas y el termómetro. Depositarlo dentro de un baño de agua de profundidad de $105\text{mm} \pm 3\text{mm}$, empleando un vaso de precipitación
6. Verificar y controlar que la temperatura del baño sea a 4°C
7. Calentar uniformemente todo el equipo de vertido ensamblado, empleando un agitador magnético
8. Verificar que la temperatura del baño de agua tenga incrementos uniformes de 5°C
9. Registrar la temperatura en el termómetro a la cual la bola atraviesa el bitumen y se deposita en el fondo de la placa.

7.1.4.3. Resultados

7.1.4.3.1. RC-250

Tabla 117. Resultados del punto de reblandecimiento a 4°C sobre RC-250

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Punto de reblandecimiento (°C)</i>
<i>1</i>	<i>10</i>
<i>2</i>	<i>10,5</i>
<i>Promedio</i>	<i>10</i>

**Figura 58. Probetas punto de reblandecimiento a 4°C RC-250****Figura 59. Punto de reblandecimiento a 4°C RC-250**

7.1.4.3.2. AC-20 Aditivado para riego de imprimación

Tabla 118. Resultados del punto de reblandecimiento a 4°C sobre AC-20 Aditivado

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Punto de reblandecimiento (°C)</i>
<i>1</i>	<i>44</i>
<i>2</i>	<i>45</i>
<i>Promedio</i>	<i>45</i>



Figura 60. Muestreo de AC-20 Aditivado

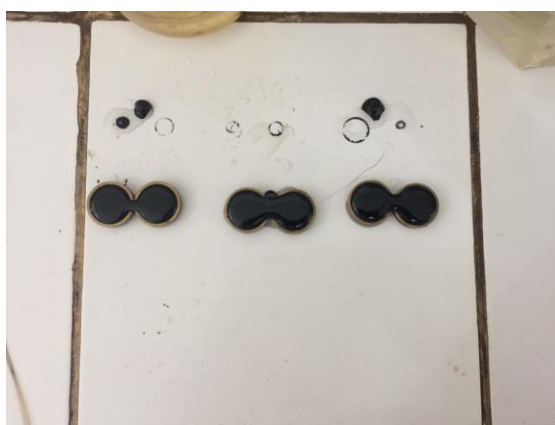


Figura 61. Muestreo de AC-20 Aditivado a 4°C

7.1.4.4. Análisis de resultados

El punto de reblandecimiento en el asfalto diluido se alcanza a la temperatura de 10°C, esto indica que es un asfalto muy fluido debido a la presencia de disolventes. El RC-250 para su aplicación debe alcanzar una temperatura que lo hace líquido lo que genera una gran desventaja para el riego de imprimación ya que no protege a la capa granular perjudicando notablemente al desempeño del pavimento. En comparación con el AC-20 Aditivado este presenta un punto de reblandecimiento mayor, permitiendo así la formación de una película delgada que proporciona mayor unión y cohesión entre capas

7.1.5. Viscosidad Absoluta a 60°C utilizando el viscosímetro de brookfield RC-250 y AC-20 Aditivado

7.1.5.1. Significado

La viscosidad es una propiedad que determina la susceptibilidad térmica que presenta el asfalto. Un valor de viscosidad elevado representa menor fluidez. Es un parámetro de gran importancia en la aplicación del asfalto.

7.1.5.2. Procedimiento

1. Calentar la muestra de asfalto hasta lograr su fluidez
2. Configurar el controlador de temperatura a 60°C. Cuando este haya alcanzado la temperatura deseada se retira el contenedor del vaso metálico.
Llenar el vaso metálico de 92mm de diámetro con 7g de la muestra.
3. Insertar el contenedor de muestras y se sitúa el vástago descendiendo suavemente hasta que penetra el material asfáltico.
4. Se configura la velocidad de rotación y la temperatura de la muestra empleando el software de la pantalla táctil del viscosímetro.
5. Se inicia el ensayo y después de un periodo de tiempo se registra la viscosidad.

7.1.5.3.Resultados

7.1.5.3.1. RC-250

Tabla 119.Resultados de la viscosidad a 60°C de RC-250

<i>Resultados</i>	
<i>Viscosidad (cp)</i>	472,5
<i>Torque (%)</i>	65

$$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$$

<i>Viscosidad (Pas)</i>	0,4725
-------------------------	--------

7.1.5.3.2. AC – 20 Aditivado para riego de imprimación

Tabla 120.Resultados de la viscosidad a 60°C de AC-20 aditivado

<i>Resultados</i>	
<i>Viscosidad (cp)</i>	53100
<i>Torque (%)</i>	53

$$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$$

<i>Viscosidad (Pas)</i>	53,1
-------------------------	------



Figura 62.Ensayo de viscosidad a 60°C

7.1.5.4. Análisis de resultados

La viscosidad del RC-250 es menor por tanto esto nos indica que tiene alta fluidez, mientras que AC-20 aditivado presenta una consistencia más densa. Esta propiedad es importante para determinar la temperatura de colocación de los ligantes sobre la capa granular, ya que puede existir complicaciones si el ligante es muy denso.

7.2. Aplicación de Emulsión asfáltica (Emulprimer), RC-250 y Emulsión asfáltica normal (CHOVA) empleada actualmente como riego de imprimación en el Ecuador

7.2.1. Metodología

Para simular el proceso de aplicación en obra del riego de imprimación y así cuantificar la penetración, es necesario la construcción de briquetas de suelo que representen la base granular. Además, se debe determinar las dotaciones de riego de imprimación a suministrar. El rango de temperatura empleado para su aplicación se determinó en función a los ensayos de calidad desarrollados para los ligantes bituminosos.

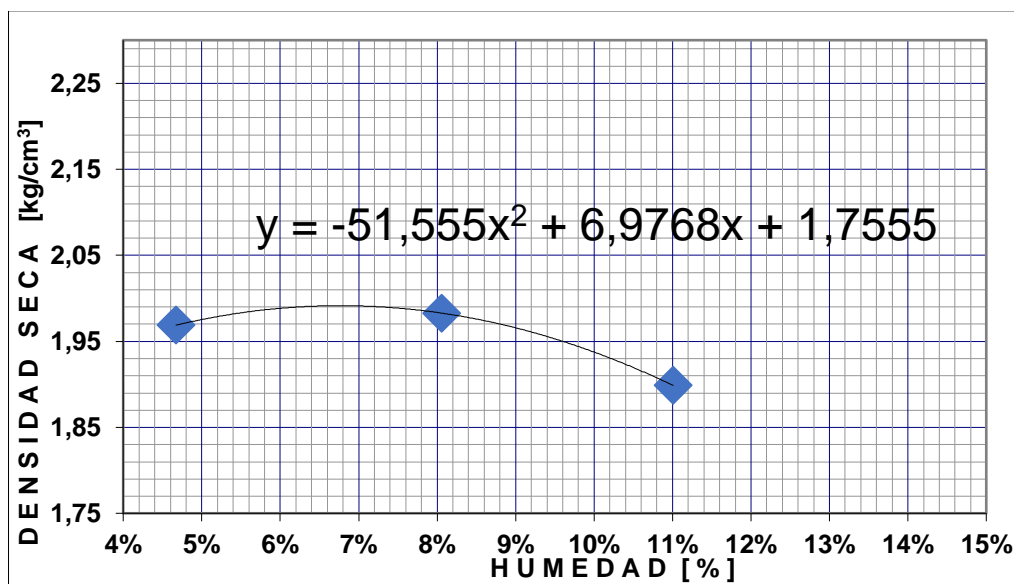
7.2.2. Construcción de Briquetas

Las briquetas construidas cumplen con la gradación de una base clase I para la cual se realizaron todos los ensayos especificados en la tabla Nro.24 y detallados en el capítulo 5. Se construyeron diez briquetas de 1000 g cada una constituidas por los siguientes porcentajes de agregado. Estos porcentajes se obtuvieron verificando que la curva granulométrica este dentro de los límites de la gradación tipo B

Tabla 121. Composición de los agregados en las briquetas

<i>Especificación</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Material 3/4</i>	45%
<i>Material 1/2</i>	15%
<i>Arena</i>	40%

Para obtener una eficiente compactación de las briquetas de suelo se realiza el ensayo de proctor modificado para determinar la densidad máxima del suelo y el contenido óptimo de humedad para el cual se obtuvo los siguientes resultados



Cuadro 4. Curva de compactación para Base clase I

<i>Ecuación</i>	
<i>a</i>	-51,555
<i>b</i>	6,977
<i>c</i>	1,756

Tabla 122. Densidad máxima y humedad óptima

Densidad Máxima	1,9915379	Humedad Óptima	6,77%
------------------------	-----------	-----------------------	-------

Una vez determinada la humedad óptima se construyen las briquetas. Para lo cual se sigue el procedimiento de compactación especificado en la norma ASTM- D698 que se detalla a continuación:

1. Mezclar la muestra de agregado de 1000g con agua de acuerdo con la humedad optima de 6,77%, es decir, que se le agrega 67,7g.
2. Compactar el espécimen en la probeta de 101,4mm de diámetro, verificar que el collar este completamente ajustado. El compactado se realiza en tres capas de igual espesor, con 25 golpes de un martillo que cae desde una altura de 305mm.
3. Retirar el collar de extensión y cortar el sobrante de suelo con ayuda de unas varillas
4. Secar las probetas de suelo a una temperatura $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$



Figura 63.Elaboración de probetas de suelo



Figura 64.Briquetas de base clase I

7.2.3. Tasas de riego de imprimación sobre briquetas

La tasa para el riego de imprimación se especificó en la sección 4.4.3.2 en función a lo descrito en la MOP-001F-2002 tanto para las emulsiones asfálticas como también para el

asfalto diluido. Como los valores especificados para la dotación en obra están en rangos, por lo cual se determinó un valor medio de 1,2 litros por metro cuadrado. Para la imprimación de las briquetas se determina su área y de acuerdo a esta se realiza una regla de tres para establecer la dotación por metro cuadrado.

Tabla 123. Dotación de riego de imprimación para probetas

<i>Resultados</i>	
<i>Dotación en Obra (l/m²)</i>	<i>1,2</i>
<i>Diámetro de la Probeta (m)</i>	<i>0,101</i>
<i>Área de la probeta (m²)</i>	<i>0,0080</i>
<i>Dotación en probetas (l/m²)</i>	<i>0,0096</i>
<i>Dotación en probetas (g/m²)</i>	<i>9,614</i>

7.2.4. Aplicación de Emulsión asfáltica (Emulprimer), RC-250 y Emulsión asfáltica normal (CHOVA) sobre las briquetas de base clase I

7.2.4.1. Aplicación directa sin humectación de la briqueta Emulsión asfáltica (Emulprimer), RC-250 y Emulsión asfáltica normal (CHOVA)

La temperatura de aplicación de RC-250 sobre las briquetas es de 60°C y de las emulsiones es de 55°C. Se aplica los ligantes de acuerdo a la dotación especificada anteriormente. El tiempo de curado del riego de imprimación es de 24 horas. Posterior a este tiempo se realiza la ruptura de las briquetas para determinar su penetración. Para cuantificar su penetración nos basaremos en la normativa argentina que detalla que para el riego de imprimación se debe tener una penetración 6mm (Sapei & Gonzalez, 2014).



Figura 65. Muestreo de los ligantes bituminosos



Figura 66. Imprimación de las briquetas sin humectar

7.2.4.1.1. Resultados

7.2.4.1.1.1. RC-250

Podemos observar que se formó una capa de aceite sobre el RC-250 lo que podría ocasionar un deslizamiento entre las capas. Hay una penetración mínima y se puede notar el residuo no ha penetrado, sino que se mantiene en la superficie.



Figura 67. Ruptura de briqueta imprimada con RC-250



Figura 68. Observación de la penetración de briqueta imprimada con RC-250

7.2.4.1.1.2. EMULPRIMER

Se puede observar la formación de una película delgada en la superficie con una penetración mínima de 1mm aproximadamente.



Figura 69. Briqueta imprimada con Emulprimer



Figura 70. Ruptura de briqueta imprimada con Emulprimer

7.2.4.1.1.3. Emulsión Normal CHOVA

Hay la formación de una película de espesor insignificante que al momento de la ruptura de la probeta se desprende



Figura 71. Ruptura de briqueta imprimada con emulsión normal

7.2.4.2. Aplicación con humectación de la briqueta y disolución de la Emulsión asfáltica (Emulprimer), RC-250 y Emulsión asfáltica normal (CHOVA)

Para el riego de imprimación los ligantes también pueden ser disueltos la briqueta a imprimir esta humectada previamente. El RC-250 se diluye con diésel, se coloca 70% y 30% respectivamente. Mientras que las emulsiones son diluidas en agua, colocando 50% agua y 50% emulsión.

7.2.4.2.1. Resultados

7.2.4.2.1.1. RC-250 diluido

La penetración cuantificada es de 3mm. Se puede observar que a pesar que se sigue formando una interfaz de aceite sobre la superficie hay penetración sobre la base granular, sin embargo, esto afectara notablemente a la adherencia entre las capas.



Figura 72. Probeta imprimada con RC-250 diluido



Figura 73. Ruptura de la probeta imprimada con RC-250 diluido

7.2.4.2.1.2. EMULPRIMER diluida

La penetración cuantificada es aproximadamente de 6 mm. El rompimiento de la emulsión ocurre en las 24 horas posteriores a la aplicación permitiendo una distribución uniforme de la emulsión sobre la capa granular y formando una película delgada que permitirá la adherencia con capas superiores.



Figura 74. Ruptura de la probeta imprimada con EMULPRIMER Diluido

7.2.4.2.1.3. Emulsión Normal CHOVA

La penetración es de 3,5 mm. Se forma una película en la superficie sin embargo al observar detenidamente, la emulsión presenta una consistencia casi seca. Esto es un indicativa que la emulsión pierde rápido su liquidez y podemos concluir que tendrá problemas de adherencia.



Figura 75. Ruptura de la probeta imprimada con emulsión normal diluida

7.2.5. Análisis de ventajas y desventajas de la emulsión y el asfalto diluido para riego de imprimación

7.2.5.1. Ventajas del uso de emulsiones para riego de imprimación

Las ventajas del uso de las emulsiones asfálticas para el riego de imprimación descritas por la AMAAC son (2012):

- Las emulsiones asfálticas para riego de imprimación presentan la capacidad de impermeabilizar y proteger a la base granular contra los efectos que pueda provocar el agua como es la humedad.
- Incrementa notablemente la adherencia entre la capa granular imprimada y la capa colocada sobre esta, permitiendo que actúen como un todo en conjunto.
- Sus distribuciones uniformes en los agregados superficiales crean una película delgada que eleva su adherencia entre sí.
- El riego de imprimación cubre a las bases previamente compactadas de impurezas cuando esta es expuesta a un tiempo extenso.
- La principal ventaja que tiene el uso de emulsiones asfálticas es su temperatura de aplicación que es a temperatura ambiente y su medio de disolución es el agua, permitiendo que el agua se evapore sin existir preocupación por la contaminación de los componentes volátiles. Esta representa una alternativa económica y amigable con el ambiente.
- Para el riego de imprimación es necesario emulsiones de baja viscosidad es por eso que en la actualidad las emulsiones son diluidas en una dotación de 50% de emulsión asfáltica y 50% de agua. Es importante controlar la cantidad de agua ya que influye en los tiempos de almacenamiento, fraguado y ruptura de la emulsión.

- La demanda de riego de imprimación en el Ecuador puede ser cubierta con la capacidad de producción de emulsiones asfálticas instalada actualmente.

7.2.5.2.Desventajas del uso de emulsiones para riego de imprimación

Dentro de las desventajas del uso de emulsiones asfálticas para riego de imprimación no se identifica ninguna en cuanto a su composición, sino que se trata de un mal manejo durante su aplicación. En el Ecuador, a pesar de las especificaciones técnicas muchas veces este riego es empleado como un riego liga o al no ser un parámetro obligatorio dentro de la construcción de pavimentos por temas de ahorro de tiempo y dinero no es aplicado, desencadenando problemas que se verán evidenciado en la vida útil del pavimento(AMAAC, 2012).

7.2.5.3.Desventajas del uso de RC-250 para riego de imprimación

El RC-250 es un asfalto diluido elaborado principalmente por solventes de hidrocarburo como es el diésel, que representan un potencial contaminante para el medio ambiente además puede afectar a la salud, el aire y el agua.

7.2.5.3.1. Problemas de Ambientales

Uno de los principales problemas generados por el RC-50, es la liberación de componentes orgánicos volátiles hacia la atmósfera, estos se mezclan con componentes como óxido de nitrógeno que afecta a la capa de ozono. Se conoce que el 95% del diluyente de este tipo de asfalto se evapora. Estas emisiones se dan en los lugares de aplicación y fabricación de este tipo de ligantes bituminosos, generando cambios adversos a la calidad del aire que respiramos.

También este tipo de asfaltos afecta a la calidad del agua ya que puede existir derrames de los aceites durante el proceso de aplicación en los canales y cunetas por donde circula agua. Por tal motivo en algunos países su uso ha quedado restringido, sin embargo, en el Ecuador aún no se prohíbe su uso, pero se debería considerar las afectaciones ambientales para dejar de emplearlo definitivamente.

7.2.5.3.2. Problemas en la Salud

Este tipo de ligante representa un gran riesgo para la salud de las personas que lo manipulan debido a que inhalan constantemente los vapores generados durante su aplicación, esto puede generar intoxicación, dolor de cabeza e incluso se ha identificado que ciertas sustancias que lo componen pueden causar cáncer. Además, como su temperatura de aplicación esta sobre su punto de inflamación que es de 48°C puede provocar quemaduras sobre la piel.

7.2.5.3.3. Riesgo de incendio

Durante la producción y aplicación del RC-250 este presenta un gran riesgo ya que su punto de inflamación esta en un rango de 37°C y 48°C. Son materiales que presenta un punto de ignición bajo que significa que son inflamables y es necesario tener un correcto manejo para evitar que se generen explosiones.

Capítulo 8

Conclusiones y recomendaciones

8.1. Conclusiones

El desarrollo de la investigación experimental sobre los criterios para estandarización de l emulsiones asfálticas para riego de imprimación cumpliendo con las normativas vigentes en el Ecuador, se realizó en base a los objetivos planteados y se desarrolló en dos etapas básicamente: por un lado, el análisis de calidad de los materiales con el objetivo de evaluar que cumpla con los requerimientos mínimos establecidos en la norma vigente ecuatoriana y, por otro lado el análisis comparativo de los ligantes empleados para el riego de imprimación y la construcción de probetas para evaluar los valores de penetración variando su composición.

Principalmente se caracterizó el cemento asfáltico AC-20, asfalto diluido RC-250 y emulsiones asfálticas catiónicas CSS-1h de acuerdo a las normativas vigentes en el Ecuador, es importante destacar que se realizó una verificación de que los rangos de aceptación mínimo y máximo de los ensayos estén cuantificados en base a normas internacionales, determinado que cumplen los requerimientos mínimos en los ensayos especificados para cada ligante bituminoso. El control de calidad de los ligantes garantiza un adecuado comportamiento durante la fabricación y aplicación es ahí donde radica su importancia.

Al aditivar el cemento asfáltico AC-20 y realizar los ensayos empleando la misma normativa que rige al cemento asfáltico AC-20 normal hay parámetros que no se cumplen debido a que los aditivos agregados modifican las propiedades de acuerdo a lo requiere el riego de imprimación. Uno de los parámetros que no se cumple es la viscosidad, esto se debe a que para el riego de imprimación se solicita una menor viscosidad para que durante el proceso de curado de la emulsión, del cual es componente, el asfalto no quede atrapado en la superficie.

Para realizar un análisis comparativo entre del AC-20 Aditivado y RC-250 utilizados para el riego de imprimación, se estableció un parámetro en cuanto a la temperatura de ensayo estableciendo una temperatura de 4°C. Los resultados obtenidos en los ensayos de penetración, ductilidad y punto de ablandamiento nos permiten establecer que el uso del AC-20 Aditivado para la imprimación presenta un mejor comportamiento en cuanto a la impermeabilidad, estabilidad y adherencia entre la capa granular y la capa siguiente.

Para evaluar el efecto de la penetración dependiendo del ligante bituminoso empleado para la imprimación, un factor importante es el tipo de base granular empleado. Como se detalló en la investigación, para la construcción de las probetas de suelo se empleó la base clase I que presenta una granulometría densa, es decir que, las bases abiertas permiten que la base granular tenga una mejor imprimación ya que presenta un bajo contenido de relleno mineral y se generan espacios de vacíos en el agregado que son grandes pero que al momento de imprimir la base esta cierra los vacíos ,endurece la superficie y forma una interface de adherencia con la carpeta asfáltica que se colara sobre ella.

Se pudo determinar que de las probetas imprimadas la que tuvo una mayor penetración fue la emulsión fabricada por EMUULDEC denominada EMULPRIMER CSS-1h, el valor de la penetración fue de 6mm. Este tipo de emulsión presenta una viscosidad menos y las partículas de las que se componen este tipo de emulsión para imprimación presenta un tamaño que es aproximadamente 5 veces menor a la emulsión normal, lo que garantiza que penetre.

En el análisis de las ventajas que representa el empleo de emulsiones asfálticas para el riego de imprimación, la principal es que no genera huella de carbono generando mínima contaminación, ya que estas emplean como espacio de disolución el agua, que es un recurso disponible y económico, reemplazando los disolventes de derivados de petróleo de manera

eficiente. En el momento del curado en este tipo de emulsiones se evapora el agua que es un componente totalmente inofensivo para el ambiente.

8.2.Recomendaciones

En el Ecuador, solo existe especificaciones para las emulsiones normales por lo que es necesario que se especifique las características necesarias para emulsiones aditivadas para riego de imprimación estableciendo los valores mínimos y máximos que deben cumplir y así para garantizar su comportamiento como todo un conjunto y lograr que la vida del útil del pavimento se incremente notablemente.

Para determinar la capacidad adherente generada entre las capas granular y asfáltica por presencia del riego de imprimación se propone la realización de un sistema capaz de cuantificar este efecto. El dispositivo determina el esfuerzo de torque para establecer la rotura del ligante entre las capas y se calcula la tensión tangencial resistencia de la probeta elaborada (Sapei & Gonzalez, 2014). Para determinar el torque se emplea un torquímetro y este se mide desde el centro de la probeta, durante este proceso se debe garantizar que todo el sistema se encuentre completamente rígido para evitar distorsión en los datos registrados. Este dispositivo fue desarrollado por Petrobras en Argentina, y mediante el desarrollo de este proyecto de tesis se pretende que este dispositivo sea normalizado en el Ecuador. A continuación, se presenta un esquema del dispositivo a elaborarse y se adjuntan los planos del sistema en el Anexo




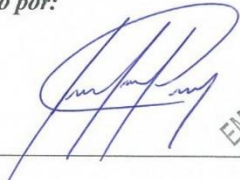

Figura 76. Esquema del dispositivo para medir adherencia



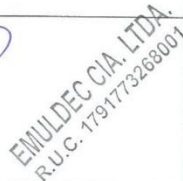
Referencias Bibliográficas

- AA.VV. (2007). *Materiales de construcción* (Vol. 2; Ceac, Ed.). Barcelona:
https://books.google.com.ec/books?id=RyjhO09ccsMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- Agudelo, J. (2012). *Aditivos para pavimentos*. Retrieved from
<file:///C:/Users/INTEL/Downloads/333314607-94986627-Aditivos-Para-Pavimentos.pdf>
- Albornoz, Y. (2014). *ASFALTOS LÍQUIDOS CUTBACKS* (Universidad de los Andes). Retrieved from <https://pavimentosulacivil.files.wordpress.com/2018/01/asfaltos-lc3adquidos.pdf>
- AMAAC. (2012). *Recomendación AMAAC REA 11/2012: Aplicación de emulsiones en riegos de impregnación*.
- Arenas, H. (1999). *Tecnología del cemento asfáltico* (5th ed.; FA, Ed.). Retrieved from <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/harenas/docs/MATERIALES I/DOCUMENTOS DE CONSULTA/tecnologia del cemento asfaltico-HUGO LEON ARENAS.pdf>
- Cornejo, M. (2014). *Análisis de la optimización del riego de liga en la colocación de carpeta asfáltica en caliente* (Universidad de El Salvador). Retrieved from <http://ri.ues.edu.sv/5812/1/Análisis de la optimización del riego de liga en la colocación de carpeta asfáltica en caliente.pdf>
- de la Fuente, A. (2007). *Diseño de una mezcla asfáltica de alto rendimiento para baches superficiales y profundos* (Universidad de las Américas Puebla). Retrieved from http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/de_1_a/
- Duravía. (n.d.). Ventajas de los pavimentos de concreto. Retrieved from <http://www.duravia.com.pe/ventajas-de-los-pavimentos-de-concreto/>
- Fernandez, J. (1983). *Pavimentos bituminosos en frío* (Editores técnicos asociados S.A, Ed.). Barcelona.
- Guerrero, S. (2015). *Buenas Prácticas Constructivas en la aplicación de riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas*. 17. Retrieved from https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/606/Buenas_practicas_constructivas_en_la_aplicación_de_riego_de_liga_para_la_colocación_de_sobrecapas_asfálticas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guilcapi, O., & Santamaria, F. (2012). “ *Análisis Comparativo De Emulsiones Asfálticas Con Polímeros Tipo Sbr En El Agregados De Las Canteras De Guayllabamba Y San Antonio* ” (Universidad Politécnica del Ejército). Retrieved from <file:///C:/Users/INTEL/Downloads/T-ESPE-033754.pdf>
- Herrera, R., Botasso, G., Cachago, A., Cajo, E., & Palma, L. (2006). Caracterización de los asfaltos utilizados en las obras viales del Ecuador (Vol. 13).
- Instituto de Asfalto. (n.d.). *MANUAL DEL ASFÁLTO* (Vol. 9). Retrieved from <file:///C:/Users/INTEL/Downloads/123896961-Manual-Del-Asfalto.pdf>
- López, J., Pérez, J., Tello, J., De la Mata, R., & Ruiz, J. (2006). *Peón Especializado de Carreteras* (1st ed.; E. MAD, Ed.). Madrid.
- Mercado, R., Bracho, C., & Avendaño, J. (2008). *Emulsiones asfálticas Uso-Rompimiento*.

- Retrieved from <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S365A.pdf>
- Montejo, A. (2016). *Ingeniería de Pavimentos: Fundamentos, estudios básicos y diseño* (3rd ed.; Ágora Editores, Ed.). Bogotá.
- Moreano, V. (n.d.). *Emulsiones para imprimación en la construcción de carreteras*. p. 2. Retrieved from <http://www.tdm.com.pe/noticias-56-emulsiones-para-imprimacion.php>
- Pérez Jiménez, F., Miró Recasens, R., Martín, T., & des Choix, P. (1997). Ligantes bituminosos: procedencia, composición, características y comportamiento. *Carreteras: Revista Técnica de La Asociación Española de La Carretera*, (88), 5–13.
- Recuenco, E. (2017). *Firmes y Pavimentos de carreteras y otras infraestructuras* (Gaceta, Ed.). Madrid.
- Reyes, F., & Rondón, H. (2015). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño* (1st ed.; E. Ediciones, Ed.). Bogotá.
- RODRÍGUEZ, A. P., & ADILLA. (2011). Materiales básicos. (Universidad técnica de Catalunya). Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-13.pdf?sequence=13&isAllowed=y>
- Rolando Franco, F. E. (2002). *Estudio Comparativo entre mezclas asfálticas con diluido Rc-250 y emulsión* (Universidad de Piura). Retrieved from https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1334/ICI_076.pdf
- Salazar, A., Delgado, H., Garnica, P., & Terán, R. (n.d.). *Evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica en caliente, nivel i-ii con aditivos mejoradores de adhenrencia y asfalto modificado tipo sbs*. Retrieved from http://www.amaac.org.mx/archivos/eventos/8cma_2013/mezclas_asfalticas/mezclas08.pdf
- Salazar Delgado, J. (1969). Guía para la realización de ensayos y clasificación de asfaltos, emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados según el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 75.01.22:047). *Métodos y Materiales*, 1(1), 25–38. <https://doi.org/10.15517/mym.v1i1.8392>
- Sapei, J., & Gonzalez, R. (2014). EMULSION PRIMERS ., *Revista Infraestructura Vial*, 16(28), 33–43.
- Ulloa Calderón, A. (1969). Preparación de emulsiones asfálticas en laboratorio. *Métodos y Materiales*, 2(1), 17–24. <https://doi.org/10.15517/mym.v2i1.13469>
- Valenzuela, M. (2003). El asfalto , en la conservación de pavimentos (Universidad Austral de Chile). <https://doi.org/10.1002/humu.21225>
- Velázquez, M. (1960). *Los ligantes para riegos superficiales*. Retrieved from [file:///C:/Users/INTEL/Desktop/IMPRIMACION/Velazquez 1960.pdf](file:///C:/Users/INTEL/Desktop/IMPRIMACION/Velazquez%201960.pdf)

**ANEXO A.CERTIFICACIONES DE ENSAYOS SOBRE CEMENTO ASFÁLTICO AC-20
NORMAL Y AC-20 ADITIVADO**

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																										
Materiales Bituminosos. Determinación de la ductilidad																											
Producto	Cemento Asfáltico																										
Especificación	AC-20																										
Método de ensayo	ASTM D113 / INEN 916																										
Fecha	21/08/2019																										
<table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1f5fe;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Temperatura</td> <td style="text-align: center;">$25,0 \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Velocidad</td> <td style="text-align: center;">$5\text{cm/min} \pm 5,0 \%$</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1f5fe;">Especificación Briqueta de Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Temperatura muestra</td> <td style="text-align: center;">$145 \text{ } ^\circ\text{C}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tiempo enfriamiento</td> <td style="text-align: center;">$35 \pm 5 \text{ min}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tiempo sumergido</td> <td style="text-align: center;">$35 \pm 5 \text{ min}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tiempo de conservación</td> <td style="text-align: center;">$90 \pm 5 \text{ min}$</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1f5fe;">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th style="text-align: center;">Muestra</th> <th style="text-align: center;">Elongación (cm)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">180</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">180</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Promedio</td> <td style="text-align: center;">180,00</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	$25,0 \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$	Velocidad	$5\text{cm/min} \pm 5,0 \%$	Especificación Briqueta de Material Bituminoso		Temperatura muestra	$145 \text{ } ^\circ\text{C}$	Tiempo enfriamiento	$35 \pm 5 \text{ min}$	Tiempo sumergido	$35 \pm 5 \text{ min}$	Tiempo de conservación	$90 \pm 5 \text{ min}$	Resultados		Muestra	Elongación (cm)	1	180	2	180	Promedio	180,00
Condiciones del Ensayo																											
Temperatura	$25,0 \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$																										
Velocidad	$5\text{cm/min} \pm 5,0 \%$																										
Especificación Briqueta de Material Bituminoso																											
Temperatura muestra	$145 \text{ } ^\circ\text{C}$																										
Tiempo enfriamiento	$35 \pm 5 \text{ min}$																										
Tiempo sumergido	$35 \pm 5 \text{ min}$																										
Tiempo de conservación	$90 \pm 5 \text{ min}$																										
Resultados																											
Muestra	Elongación (cm)																										
1	180																										
2	180																										
Promedio	180,00																										
Observaciones: _____ _____																											
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																										

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																						
Materiales Bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento (Método anillo y bola)																							
Producto	Cemento Asfáltico																						
Especificación	AC-20																						
Método de ensayo	ASTM D113 / INEN 916																						
Fecha	21/08/2019																						
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d9e1f2;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Punto de reblandecimiento</td> <td style="text-align: center;">30 a 80 °C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Temperatura agua evaporada</td> <td style="text-align: center;">5 ± 1 °C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d9e1f2;">Método de ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Profundidad del líquido</td> <td style="text-align: center;">105 ± 3 mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tasa de incremento de temperatura</td> <td style="text-align: center;">5°C/min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d9e1f2;">Resultados</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Muestra</th> <th style="text-align: center;">Punto de reblandecimiento (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">48</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">49</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Promedio</td> <td style="text-align: center;">49</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Punto de reblandecimiento	30 a 80 °C	Temperatura agua evaporada	5 ± 1 °C	Método de ensayo		Profundidad del líquido	105 ± 3 mm	Tasa de incremento de temperatura	5°C/min	Resultados		Muestra	Punto de reblandecimiento (°C)	1	48	2	49	Promedio	49
Condiciones del Ensayo																							
Punto de reblandecimiento	30 a 80 °C																						
Temperatura agua evaporada	5 ± 1 °C																						
Método de ensayo																							
Profundidad del líquido	105 ± 3 mm																						
Tasa de incremento de temperatura	5°C/min																						
Resultados																							
Muestra	Punto de reblandecimiento (°C)																						
1	48																						
2	49																						
Promedio	49																						
Observaciones: _____ _____																							
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																						



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES
 ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON
 LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR

Materiales Bituminosos. Viscosidad Absoluta a 60°C

Producto	Cemento Asfáltico
Especificación	AC-20
Método de ensayo	ASTM D2171 / INEN 2515
Fecha	21/08/2019



Condiciones del Ensayo	
<i>Temperatura</i>	60 °C
<i>Velocidad</i>	20 (RPM)
<i>Tiempo</i>	20 Min


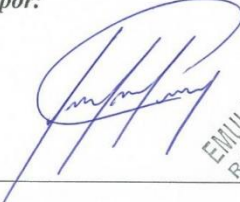

Resultados	
<i>Viscosidad (cp)</i>	76500
<i>Torque (%)</i>	13



$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$



<i>Viscosidad (Pas)</i>	76,5
-------------------------	------




Observaciones: _____




Elaborado por:	Revisado por:
_____	
Violeta Chamorro	




 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR									
	Materiales Bituminosos. Viscosidad cinemática a 135°C									
Producto	Cemento Asfáltico									
Especificación	AC-20									
Método de ensayo	ASTM D2170 / INEN 2515									
Fecha	21/08/2019									
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>60 °C</td> </tr> <tr> <td>Velocidad</td> <td>20 (RPM)</td> </tr> <tr> <td>Tiempo</td> <td>20 Min</td> </tr> </tbody> </table>			Condiciones del Ensayo		Temperatura	60 °C	Velocidad	20 (RPM)	Tiempo	20 Min
Condiciones del Ensayo										
Temperatura	60 °C									
Velocidad	20 (RPM)									
Tiempo	20 Min									
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Viscosidad (cp)</td> <td>297,5</td> </tr> <tr> <td>Torque (%)</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>			Resultados		Viscosidad (cp)	297,5	Torque (%)	12		
Resultados										
Viscosidad (cp)	297,5									
Torque (%)	12									
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$</td> </tr> </table>			$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$							
$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$										
<table border="1" style="margin: auto;"> <tbody> <tr> <td>Viscosidad (Pas)</td> <td>0,2975</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad (g/mm × s)</td> <td>0,2975</td> </tr> </tbody> </table>			Viscosidad (Pas)	0,2975	Viscosidad (g/mm × s)	0,2975				
Viscosidad (Pas)	0,2975									
Viscosidad (g/mm × s)	0,2975									
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Densidad = Densidad Relativa × W_t</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad relativa (g/mm³)</td> <td>1,009</td> </tr> <tr> <td>Densidad del Agua (g/mm³)</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>Densidad (g/mm³)</td> <td>0,001</td> </tr> </tbody> </table>			Densidad = Densidad Relativa × W_t		Densidad relativa (g/mm ³)	1,009	Densidad del Agua (g/mm ³)	0,001	Densidad (g/mm ³)	0,001
Densidad = Densidad Relativa × W_t										
Densidad relativa (g/mm ³)	1,009									
Densidad del Agua (g/mm ³)	0,001									
Densidad (g/mm ³)	0,001									
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Viscosidad Cinemática a 135°C = Viscosidad/Densidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Viscosidad Cinemática</td> <td>295,86</td> </tr> </tbody> </table>			Viscosidad Cinemática a 135°C = Viscosidad/Densidad		Viscosidad Cinemática	295,86				
Viscosidad Cinemática a 135°C = Viscosidad/Densidad										
Viscosidad Cinemática	295,86									
Observaciones: _____										
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  									



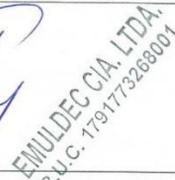
 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																				
Materiales Bituminosos. Determinación del punto de inflamación y fuego en copa abierta Cleveland																					
Producto	Cemento Asfáltico																				
Especificación	AC-20																				
Método de ensayo	ASTM D92-12 / INEN 808																				
Fecha	05/06/2018																				
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Punto de Inflamación</td> <td>79 a 400°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de la muestra</td> <td>56°C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cantidad de Material</td> <td>70ml</td> </tr> <tr> <td>Tasa de incremento de la temperatura</td> <td>15 ± 1 °C/min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Punto de inflamación (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>248</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tbody> <tr> <td>Promedio</td> <td>248</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Punto de Inflamación	79 a 400°C	Temperatura de la muestra	56°C	Especificación Material Bituminoso		Cantidad de Material	70ml	Tasa de incremento de la temperatura	15 ± 1 °C/min	Resultados		Muestra	Punto de inflamación (°C)	1	248	Promedio	248
Condiciones del Ensayo																					
Punto de Inflamación	79 a 400°C																				
Temperatura de la muestra	56°C																				
Especificación Material Bituminoso																					
Cantidad de Material	70ml																				
Tasa de incremento de la temperatura	15 ± 1 °C/min																				
Resultados																					
Muestra	Punto de inflamación (°C)																				
1	248																				
Promedio	248																				
Observaciones: _____																					
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  EMULDEC CIA. LTDA. R.U.C. 1791773268001																				




 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																				
Materiales Bituminosos. Ensayo de la mancha																					
Producto	Cemento Asfáltico																				
Especificación	AC-20																				
Método de ensayo	AASHTO T 102-83																				
Fecha	19/06/2018																				
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura baño</td> <td>32 ± 0,5 °C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo en el baño</td> <td>55s</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cantidad de muestra</td> <td>2 ± 0,02 g</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de solvente</td> <td>10,2 ml</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de conservación ambiente</td> <td>30 minutos</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Muestra</th> <th>Resultado a las 24horas</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>NEGATIVO</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura baño	32 ± 0,5 °C	Tiempo en el baño	55s	Especificación Material Bituminoso		Cantidad de muestra	2 ± 0,02 g	Cantidad de solvente	10,2 ml	Tiempo de conservación ambiente	30 minutos	Resultados		Muestra	Resultado a las 24horas	1	NEGATIVO
Condiciones del Ensayo																					
Temperatura baño	32 ± 0,5 °C																				
Tiempo en el baño	55s																				
Especificación Material Bituminoso																					
Cantidad de muestra	2 ± 0,02 g																				
Cantidad de solvente	10,2 ml																				
Tiempo de conservación ambiente	30 minutos																				
Resultados																					
Muestra	Resultado a las 24horas																				
1	NEGATIVO																				
Observaciones: _____ _____																					
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  EMULDEC CIA. LTDA. R.U.C. 1791773268001																				



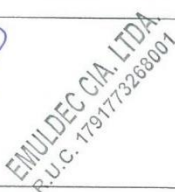
 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																												
Materiales bituminosos. Determinación de la densidad (Método del picnómetro)																													
Producto	Cemento Asfáltico																												
Especificación	AC-20																												
Método de ensayo	ASTM D70 / INEN 2309																												
Fecha	14/06/2018																												
<table border="1" data-bbox="528 712 1067 790"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>25,0 °C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="528 817 1067 963"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura muestra</td> <td>140 °C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo enfriamiento</td> <td>40 min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de conservación</td> <td>30 min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="528 990 1067 1379"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Descripción</th> <th>Peso (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso A (Peso del picnómetro vacío con el tapón)</td> <td>30,17</td> </tr> <tr> <td>Peso B (Peso del picnómetro lleno de agua)</td> <td>55,23</td> </tr> <tr> <td>Peso C (Peso de picnómetro parcialmente lleno con la muestra)</td> <td>47,8</td> </tr> <tr> <td>Peso C (Peso de picnómetro lleno con la muestra y el agua)</td> <td>55,38</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="523 1406 1062 1485"> <tbody> <tr> <td>Densidad Relativa</td> <td>$(C - A) / [(B - A) - (D - C)]$</td> </tr> <tr> <td>Densidad Relativa</td> <td>1,01</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	25,0 °C	Especificación Material Bituminoso		Temperatura muestra	140 °C	Tiempo enfriamiento	40 min	Tiempo de conservación	30 min	Resultados		Descripción	Peso (g)	Peso A (Peso del picnómetro vacío con el tapón)	30,17	Peso B (Peso del picnómetro lleno de agua)	55,23	Peso C (Peso de picnómetro parcialmente lleno con la muestra)	47,8	Peso C (Peso de picnómetro lleno con la muestra y el agua)	55,38	Densidad Relativa	$(C - A) / [(B - A) - (D - C)]$	Densidad Relativa	1,01
Condiciones del Ensayo																													
Temperatura	25,0 °C																												
Especificación Material Bituminoso																													
Temperatura muestra	140 °C																												
Tiempo enfriamiento	40 min																												
Tiempo de conservación	30 min																												
Resultados																													
Descripción	Peso (g)																												
Peso A (Peso del picnómetro vacío con el tapón)	30,17																												
Peso B (Peso del picnómetro lleno de agua)	55,23																												
Peso C (Peso de picnómetro parcialmente lleno con la muestra)	47,8																												
Peso C (Peso de picnómetro lleno con la muestra y el agua)	55,38																												
Densidad Relativa	$(C - A) / [(B - A) - (D - C)]$																												
Densidad Relativa	1,01																												
Elaborado por: <hr/> Violeta Chamorro	Revisado por:  																												



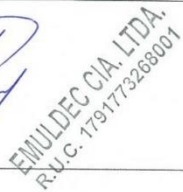
 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR					
	Materiales Bituminosos. Determinación de la pérdida de masa por calentamiento					
Producto			Cemento Asfáltico			
Especificación			AC-20			
Método de ensayo			ASTM D2872 / INEN 924			
Fecha			22/08/2018			
Condiciones del Ensayo						
Temperatura de ensayo			163 ± 1 °C			
Especificaciones de Material Bituminoso						
Cantidad de Material Bituminoso			50 ± 0,5 g			
Temperatura calentamiento			163 ± 1 °C			
Tiempo de Conservación			5 horas			
Resultados						
Peso (g)	Muestra					
	1	2	3	4	5	6
Antes del Calentamiento						
Tara	47,57	47,91	45,12	47,28	47,47	47,51
Asfalto + Tara	97,48	98,57	95,59	97,29	98,13	97,96
Asfalto	49,91	50,66	50,47	50,01	50,66	50,45
Después del Calentamiento						
Asfalto + Tara	97,32	98,37	95,44	97,18	98	97,83
Asfalto	49,75	50,46	50,32	49,9	50,53	50,32
Pérdida de Masa	0,32	0,39	0,30	0,22	0,26	0,26
% de Pérdida Promedio			0,29			
Elaborado por:			Revisado por:			
<hr/> Violeta Chamorro			 			



 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL <i>CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES</i> <i>ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON</i> <i>LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR</i>																												
Materiales Bituminosos. Determinación de la ductilidad																													
Producto	Cemento Asfáltico envejecido																												
Especificación	AC-20																												
Método de ensayo	ASTM D113 / INEN 916																												
Fecha	23/08/2019																												
<table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>25,0 ± 0,5 °C</td> </tr> <tr> <td>Velocidad</td> <td>5cm/min ± 5,0 %</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Briqueta de Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura muestra</td> <td>145 °C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo enfriamiento</td> <td>35 ± 5 min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo sumergido</td> <td>35 ± 5 min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de conservación</td> <td>90 ± 5 min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Elongación (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>84</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>83</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>83</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tr> <td>Promedio</td> <td>83,33</td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	25,0 ± 0,5 °C	Velocidad	5cm/min ± 5,0 %	Especificación Briqueta de Material Bituminoso		Temperatura muestra	145 °C	Tiempo enfriamiento	35 ± 5 min	Tiempo sumergido	35 ± 5 min	Tiempo de conservación	90 ± 5 min	Resultados		Muestra	Elongación (cm)	1	84	2	83	3	83	Promedio	83,33
Condiciones del Ensayo																													
Temperatura	25,0 ± 0,5 °C																												
Velocidad	5cm/min ± 5,0 %																												
Especificación Briqueta de Material Bituminoso																													
Temperatura muestra	145 °C																												
Tiempo enfriamiento	35 ± 5 min																												
Tiempo sumergido	35 ± 5 min																												
Tiempo de conservación	90 ± 5 min																												
Resultados																													
Muestra	Elongación (cm)																												
1	84																												
2	83																												
3	83																												
Promedio	83,33																												
Observaciones: _____ _____																													
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																												


 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																										
Materiales Bituminosos. Determinación de la penetración																											
Producto	Cemento Asfáltico envejecido																										
Especificación	AC-20																										
Método de ensayo	ASTM D5 / INEN 917																										
Fecha	23/08/2019																										
<table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>25,0 ± 0,1°C</td> </tr> <tr> <td>Carga</td> <td>100 ± 0,1g</td> </tr> <tr> <td>Tiempo</td> <td>5s</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura muestra</td> <td>< 60°C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo enfriamiento</td> <td>45min a 1,5 horas</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de conservación</td> <td>45min a 1,5 horas</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Penetración (dmm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>56</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tr> <td>Promedio</td> <td>55</td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	25,0 ± 0,1°C	Carga	100 ± 0,1g	Tiempo	5s	Especificación Material Bituminoso		Temperatura muestra	< 60°C	Tiempo enfriamiento	45min a 1,5 horas	Tiempo de conservación	45min a 1,5 horas	Resultados		Muestra	Penetración (dmm)	1	54	2	56	Promedio	55
Condiciones del Ensayo																											
Temperatura	25,0 ± 0,1°C																										
Carga	100 ± 0,1g																										
Tiempo	5s																										
Especificación Material Bituminoso																											
Temperatura muestra	< 60°C																										
Tiempo enfriamiento	45min a 1,5 horas																										
Tiempo de conservación	45min a 1,5 horas																										
Resultados																											
Muestra	Penetración (dmm)																										
1	54																										
2	56																										
Promedio	55																										
Observaciones: _____ _____																											
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																										

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																
Materiales Bituminosos. Viscosidad Absoluta a 60°C																	
Producto	Cemento Asfáltico envejecido																
Especificación	AC-20																
Método de ensayo	ASTM D2171 / INEN 2515																
Fecha	23/08/2019																
<table border="1" data-bbox="504 763 1094 909"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>60 °C</td> </tr> <tr> <td>Velocidad</td> <td>20 (RPM)</td> </tr> <tr> <td>Tiempo</td> <td>20 Min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="512 931 1086 1043"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Viscosidad (cp)</td> <td>707000</td> </tr> <tr> <td>Torque (%)</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="639 1066 959 1111" style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> $1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$ </div> <div data-bbox="639 1144 959 1189" style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">Viscosidad (Pas)</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 0 10px;">707</td> </tr> </table> </div>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	60 °C	Velocidad	20 (RPM)	Tiempo	20 Min	Resultados		Viscosidad (cp)	707000	Torque (%)	13	Viscosidad (Pas)	707
Condiciones del Ensayo																	
Temperatura	60 °C																
Velocidad	20 (RPM)																
Tiempo	20 Min																
Resultados																	
Viscosidad (cp)	707000																
Torque (%)	13																
Viscosidad (Pas)	707																
Observaciones: _____ _____																	
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																								
Materiales Bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento (Método anillo y bola)																									
Producto	Cemento Asfáltico envejecido																								
Especificación	AC-20																								
Método de ensayo	ASTM D113 / INEN 916																								
Fecha	23/08/2019																								
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Punto de reblandecimiento</td> <td>30 a 80 °C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura agua evaporada</td> <td>5 ± 1 °C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Método de ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profundidad del líquido</td> <td>105 ± 3 mm</td> </tr> <tr> <td>Tasa de incremento de temperatura</td> <td>5°C/min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Punto de reblandecimiento (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>47,5</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>48</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Punto de reblandecimiento	30 a 80 °C	Temperatura agua evaporada	5 ± 1 °C	Método de ensayo		Profundidad del líquido	105 ± 3 mm	Tasa de incremento de temperatura	5°C/min	Resultados		Muestra	Punto de reblandecimiento (°C)	1	48	2	47	3	47,5	Promedio	48
Condiciones del Ensayo																									
Punto de reblandecimiento	30 a 80 °C																								
Temperatura agua evaporada	5 ± 1 °C																								
Método de ensayo																									
Profundidad del líquido	105 ± 3 mm																								
Tasa de incremento de temperatura	5°C/min																								
Resultados																									
Muestra	Punto de reblandecimiento (°C)																								
1	48																								
2	47																								
3	47,5																								
Promedio	48																								
Observaciones: _____ _____																									
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																								

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																																				
Materiales Bituminosos. Determinación del residuo de penetración específica																																					
Producto	Cemento Asfáltico envejecido																																				
Especificación	AC-20																																				
Método de ensayo	INEN 918																																				
Fecha	23/08/2019																																				
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>25,0 ± 0,1°C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo</td> <td>5s</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificaciones de Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cantidad de Material Bituminoso</td> <td>100 ± 0,1 g</td> </tr> <tr> <td>Temperatura calentamiento</td> <td>249°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de Conservación</td> <td>249 a 260 °C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Especificación</th> <th>Betún Original</th> <th>Asfalto envejecido</th> <th>Resultado</th> </tr> <tr> <th>Ensayo</th> <th>Penetración (dmm)</th> <th>Penetración (dmm)</th> <th>Penetración (% de la original)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>82</td> <td>54</td> <td>65,854</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>84</td> <td>56</td> <td>66,667</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td>% Promedio</td> <td>66,260</td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	25,0 ± 0,1°C	Tiempo	5s	Especificaciones de Material Bituminoso		Cantidad de Material Bituminoso	100 ± 0,1 g	Temperatura calentamiento	249°C	Temperatura de Conservación	249 a 260 °C	Resultados				Especificación	Betún Original	Asfalto envejecido	Resultado	Ensayo	Penetración (dmm)	Penetración (dmm)	Penetración (% de la original)	1	82	54	65,854	2	84	56	66,667	% Promedio	66,260
Condiciones del Ensayo																																					
Temperatura	25,0 ± 0,1°C																																				
Tiempo	5s																																				
Especificaciones de Material Bituminoso																																					
Cantidad de Material Bituminoso	100 ± 0,1 g																																				
Temperatura calentamiento	249°C																																				
Temperatura de Conservación	249 a 260 °C																																				
Resultados																																					
Especificación	Betún Original	Asfalto envejecido	Resultado																																		
Ensayo	Penetración (dmm)	Penetración (dmm)	Penetración (% de la original)																																		
1	82	54	65,854																																		
2	84	56	66,667																																		
% Promedio	66,260																																				
Elaborado por: <hr/> Violeta Chamorro	Revisado por:  																																				

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																													
Materiales Bituminosos. Índice de penetración																														
Producto	Cemento Asfáltico envejecido																													
Especificación	AC-20																													
Método de ensayo	MOP 001F-2002/ SUBSECCIÓN 810.2.02																													
Fecha	23/08/2019																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Temperatura</i></td> <td style="text-align: center;">$25,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Carga</i></td> <td style="text-align: center;">$100 \pm 0,1\text{g}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Tiempo</i></td> <td style="text-align: center;">5s</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Expresiones para cálculo de resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>A</i></td> <td style="text-align: center;">$50 \times \left[\frac{\log 800 - \log \text{Pen}}{\text{Tab} - 25} \right]$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Índice de Penetración</i></td> <td style="text-align: center;">$\left[\frac{20 - A}{A + 1} \right]$</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Penetración (Pen)</i></td> <td style="text-align: center;"><i>dmm</i></td> <td style="text-align: center;">83,00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Punto de ablandamiento (Tab)</i></td> <td style="text-align: center;">$^{\circ}\text{C}$</td> <td style="text-align: center;">49</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>A</i></td> <td></td> <td style="text-align: center;">2,0936</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Índice de Penetración(IP)</i></td> <td style="text-align: center;"><i>dmm</i></td> <td style="text-align: center;">-0,30</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		<i>Temperatura</i>	$25,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$	<i>Carga</i>	$100 \pm 0,1\text{g}$	<i>Tiempo</i>	5s	Expresiones para cálculo de resultados		<i>A</i>	$50 \times \left[\frac{\log 800 - \log \text{Pen}}{\text{Tab} - 25} \right]$	<i>Índice de Penetración</i>	$\left[\frac{20 - A}{A + 1} \right]$	Resultados			<i>Penetración (Pen)</i>	<i>dmm</i>	83,00	<i>Punto de ablandamiento (Tab)</i>	$^{\circ}\text{C}$	49	<i>A</i>		2,0936	<i>Índice de Penetración(IP)</i>	<i>dmm</i>	-0,30
Condiciones del Ensayo																														
<i>Temperatura</i>	$25,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$																													
<i>Carga</i>	$100 \pm 0,1\text{g}$																													
<i>Tiempo</i>	5s																													
Expresiones para cálculo de resultados																														
<i>A</i>	$50 \times \left[\frac{\log 800 - \log \text{Pen}}{\text{Tab} - 25} \right]$																													
<i>Índice de Penetración</i>	$\left[\frac{20 - A}{A + 1} \right]$																													
Resultados																														
<i>Penetración (Pen)</i>	<i>dmm</i>	83,00																												
<i>Punto de ablandamiento (Tab)</i>	$^{\circ}\text{C}$	49																												
<i>A</i>		2,0936																												
<i>Índice de Penetración(IP)</i>	<i>dmm</i>	-0,30																												
Observaciones: _____ _____																														
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  EMULDEC CIA. LTDA. R.U.C. 1791773268001																													

 <p>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR</p>		<p>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR</p>	
<p>Caracterización del cemento asfáltico AC-20</p>		<p>PETROECUADOR</p>	
<p>Procedencia</p>		<p>MOP- SUBSECCIÓN 810-2.02 Tabla 810.2.1</p>	
<p>Método de Ensayo</p>		<p>MOP- SUBSECCIÓN 810-2.02 Tabla 810.2.1</p>	

ESPECIFICACIONES	UNIDADES	NORMAS		RANGO ACEPTABLE		RESULTADOS	CUMPLE / NO CUMPLE
		ASTM	INEN	Min.	Max.		
Betún original							
Penetración a 25°C, 100g,5s	1/10mm	ASTM D5	INEN 917	60	70	83,00	NO CUMPLE
Ductilidad a 25°C y 5cm/min	cm	ASTM D113	INEN 916	100	-	180,00	CUMPLE
Punto de reblandecimiento A Y B		ASTM D35	INEN 920	48	57	49	CUMPLE
Viscosidad Absoluta, a 60 °C	Pa s	ASTM D2171	INEN 2515		240	76,5	CUMPLE
Viscosidad Cinemática a 135 °C	mm ² /s	ASTM D2170	INEN 2515	210	-	295,86	CUMPLE
Punto de Inflamación	°C	ASTM D92	INEN 808	232	-	248	CUMPLE
Ensayo de la Mancha	(**)		AASHTO-T-102	NEGATIVO		NEGATIVO	CUMPLE
Densidad Relativa 25°C/25 °C	g/cm ³	ASTM D70	INEN 2903	1	-	1,01	CUMPLE

EMULDEC CIA. LTDA.
 R.U.C. 1791773268001

Residuos de ensayos de película Finu en horno Rotatorio

Variación de Masa	%	ASTM D2872	INEN 924	-	0,8	0,29	CUMPLE
Ductilidad a 25°C y 5cm/min	cm	ASTM D113	INEN 916	50	-	83,33	CUMPLE
Viscosidad Absoluta, a 60 °C	Pa	ASTM D2171	INEN 810	-	1000	707	CUMPLE
Penetración (% del original)	% m/m		INEN 918	54	-	66,2601626	CUMPLE
Punto de reblandecimiento A Y B	°C	ASTM D36	INEN 920	-	48	48	CUMPLE
Índice de Penetración	-	ASTM D5		-1,5	1	-0,30	CUMPLE

Observaciones:

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:

EMUDEG CIA. LTDA.
R.F.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES
 ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON
 LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR

Materiales Bituminosos. Determinación de la penetración

Producto	Cemento Asfáltico
Especificación	AC-20
Método de ensayo	ASTM D5 / INEN 917
Fecha	21/08/2019

Condiciones del Ensayo	
Temperatura	25,0 ± 0,1°C
Carga	100 ± 0,1g
Tiempo	5s

Especificación Material Bituminoso	
Temperatura muestra	< 60°C
Tiempo enfriamiento	45min a 1,5 horas
Tiempo de conservación	45min a 1,5 horas

Resultados	
Muestra	Penetración (dmm)
1	82
2	84

Promedio	83,00
-----------------	-------

Observaciones: _____

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773263001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES
 ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON
 LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR

Materiales Bituminosos. Determinación de la penetración

Producto	Cemento Asfáltico Aditivado
Especificación	AC-20
Método de ensayo	ASTM D5 / INEN 917
Fecha	21/08/2019

<i>Condiciones del Ensayo</i>	
<i>Temperatura</i>	25,0 ± 0,1°C
<i>Carga</i>	100 ± 0,1g
<i>Tiempo</i>	5s

<i>Especificación Material Bituminoso</i>	
<i>Temperatura muestra</i>	< 60°C
<i>Tiempo enfriamiento</i>	45min a 1,5 horas
<i>Tiempo de conservación</i>	45min a 1,5 horas

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>
1	180
2	178

<i>Promedio</i>	179,00
-----------------	--------


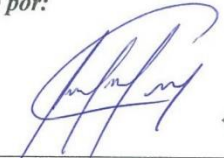

Observaciones: _____


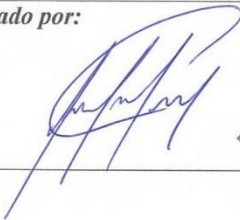

Elaborado por:


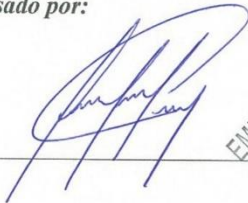

Violeta Chamorro

Revisado por:

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																										
Materiales Bituminosos. Determinación de la ductilidad																											
Producto	Cemento Asfáltico aditivado																										
Especificación	AC-20																										
Método de ensayo	ASTM D113 / INEN 916																										
Fecha	21/08/2019																										
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>25,0 ± 0,5 °C</td> </tr> <tr> <td>Velocidad</td> <td>5cm/min ± 5,0 %</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Briqueta de Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura muestra</td> <td>145 °C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo enfriamiento</td> <td>35 ± 5 min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo sumergido</td> <td>35 ± 5 min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de conservación</td> <td>90 ± 5 min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Muestra</th> <th>Elongación (cm)</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>105</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tbody> <tr> <td>Promedio</td> <td>102,50</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	25,0 ± 0,5 °C	Velocidad	5cm/min ± 5,0 %	Especificación Briqueta de Material Bituminoso		Temperatura muestra	145 °C	Tiempo enfriamiento	35 ± 5 min	Tiempo sumergido	35 ± 5 min	Tiempo de conservación	90 ± 5 min	Resultados		Muestra	Elongación (cm)	1	100	2	105	Promedio	102,50
Condiciones del Ensayo																											
Temperatura	25,0 ± 0,5 °C																										
Velocidad	5cm/min ± 5,0 %																										
Especificación Briqueta de Material Bituminoso																											
Temperatura muestra	145 °C																										
Tiempo enfriamiento	35 ± 5 min																										
Tiempo sumergido	35 ± 5 min																										
Tiempo de conservación	90 ± 5 min																										
Resultados																											
Muestra	Elongación (cm)																										
1	100																										
2	105																										
Promedio	102,50																										
Observaciones: _____ _____																											
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																										

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																						
Materiales Bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento (Método anillo y bola)																							
Producto	Cemento Asfáltico aditivado																						
Especificación	AC-20																						
Método de ensayo	ASTM D113 / INEN 916																						
Fecha	21/08/2019																						
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Punto de reblandecimiento</td> <td>30 a 80 °C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura agua evaporada</td> <td>5 ± 1 °C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Método de ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profundidad del líquido</td> <td>105 ± 3 mm</td> </tr> <tr> <td>Tasa de incremento de temperatura</td> <td>5°C/min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Punto de reblandecimiento (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>47,5</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td>Promedio</td> <td>48</td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		Punto de reblandecimiento	30 a 80 °C	Temperatura agua evaporada	5 ± 1 °C	Método de ensayo		Profundidad del líquido	105 ± 3 mm	Tasa de incremento de temperatura	5°C/min	Resultados		Muestra	Punto de reblandecimiento (°C)	1	48	2	47,5	Promedio	48
Condiciones del Ensayo																							
Punto de reblandecimiento	30 a 80 °C																						
Temperatura agua evaporada	5 ± 1 °C																						
Método de ensayo																							
Profundidad del líquido	105 ± 3 mm																						
Tasa de incremento de temperatura	5°C/min																						
Resultados																							
Muestra	Punto de reblandecimiento (°C)																						
1	48																						
2	47,5																						
Promedio	48																						
Observaciones: _____ _____																							
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																						

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																				
Materiales Bituminosos. Determinación del punto de inflamación y fuego en copa abierta Cleveland																					
Producto	Cemento Asfáltico aditivado																				
Especificación	AC-20																				
Método de ensayo	ASTM D92-12 / INEN 808																				
Fecha	14/06/2018																				
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Punto de Inflamación</td> <td>79 a 400°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de la muestra</td> <td>56°C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cantidad de Material</td> <td>70ml</td> </tr> <tr> <td>Tasa de incremento de la temperatura</td> <td>15 ± 1 °C/min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Punto de inflamación (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tbody> <tr> <td>Promedio</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Punto de Inflamación	79 a 400°C	Temperatura de la muestra	56°C	Especificación Material Bituminoso		Cantidad de Material	70ml	Tasa de incremento de la temperatura	15 ± 1 °C/min	Resultados		Muestra	Punto de inflamación (°C)	1	100	Promedio	100
Condiciones del Ensayo																					
Punto de Inflamación	79 a 400°C																				
Temperatura de la muestra	56°C																				
Especificación Material Bituminoso																					
Cantidad de Material	70ml																				
Tasa de incremento de la temperatura	15 ± 1 °C/min																				
Resultados																					
Muestra	Punto de inflamación (°C)																				
1	100																				
Promedio	100																				
Observaciones: _____ _____																					
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																				



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
VIGENTES EN EL ECUADOR

Materiales Bituminosos. Viscosidad Absoluta a 60°C

Producto	Cemento Asfáltico aditivado
Especificación	AC-20
Método de ensayo	ASTM D2171 / INEN 2515
Fecha	15/06/2018

Condiciones del Ensayo	
Temperatura	60 °C
Velocidad	20 (RPM)
Tiempo	20 Min

Resultados	
Viscosidad (cp)	53100
Torque (%)	53

$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$

Viscosidad (Pas)	53,1
-------------------------	------

Observaciones: _____




Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:

(Signature)

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR									
	Materiales Bituminosos. Viscosidad cinemática a 135°C									
Producto	Cemento Asfáltico aditivado									
Especificación	AC-20									
Método de ensayo	ASTM D2170 / INEN 2515									
Fecha	15/06/2018									
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>60 °C</td> </tr> <tr> <td>Velocidad</td> <td>20 (RPM)</td> </tr> <tr> <td>Tiempo</td> <td>20 Min</td> </tr> </tbody> </table>			Condiciones del Ensayo		Temperatura	60 °C	Velocidad	20 (RPM)	Tiempo	20 Min
Condiciones del Ensayo										
Temperatura	60 °C									
Velocidad	20 (RPM)									
Tiempo	20 Min									
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Viscosidad (cp)</td> <td>165</td> </tr> <tr> <td>Torque (%)</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>			Resultados		Viscosidad (cp)	165	Torque (%)	7		
Resultados										
Viscosidad (cp)	165									
Torque (%)	7									
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$</td> </tr> </table>			$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$							
$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$										
<table border="1" style="margin: auto;"> <tbody> <tr> <td>Viscosidad (Pas)</td> <td>0,165</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad (g/mm × s)</td> <td>0,165</td> </tr> </tbody> </table>			Viscosidad (Pas)	0,165	Viscosidad (g/mm × s)	0,165				
Viscosidad (Pas)	0,165									
Viscosidad (g/mm × s)	0,165									
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Densidad = Densidad Relativa × W_t</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad relativa (g/mm³)</td> <td>1,053</td> </tr> <tr> <td>Densidad del Agua (g/mm³)</td> <td>0,0009</td> </tr> <tr> <td>Densidad (g/mm³)</td> <td>0,001</td> </tr> </tbody> </table>			Densidad = Densidad Relativa × W_t		Densidad relativa (g/mm ³)	1,053	Densidad del Agua (g/mm ³)	0,0009	Densidad (g/mm ³)	0,001
Densidad = Densidad Relativa × W_t										
Densidad relativa (g/mm ³)	1,053									
Densidad del Agua (g/mm ³)	0,0009									
Densidad (g/mm ³)	0,001									
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Viscosidad Cinemática a 135°C = Viscosidad/Densidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Viscosidad Cinemática</td> <td>157,09</td> </tr> </tbody> </table>			Viscosidad Cinemática a 135°C = Viscosidad/Densidad		Viscosidad Cinemática	157,09				
Viscosidad Cinemática a 135°C = Viscosidad/Densidad										
Viscosidad Cinemática	157,09									
Observaciones: _____										
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  									



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
VIGENTES EN EL ECUADOR

Material bituminoso. Determinación de la densidad (Método del picnómetro)

Producto	Cemento Asfáltico aditivado
Especificación	AC-20
Método de ensayo	ASTM D70 / INEN 2309
Fecha	14/06/2018

Condiciones del Ensayo

Temperatura	25,0 °C
--------------------	---------

Especificación Material Bituminoso

Temperatura muestra	140 °C
Tiempo enfriamiento	40 min
Tiempo de conservación	30 min

Resultados

Descripción	Peso (g)
Peso A (Peso del picnómetro vacío con el tapón)	30,17
Peso B (Peso del picnómetro lleno de agua)	55,26
Peso C (Peso de picnómetro parcialmente lleno con la muestra)	44,73
Peso C (Peso de picnómetro lleno con la muestra y el agua)	56



Densidad Relativa	$(C - A) / [(B - A) - (D - C)]$
Densidad Relativa	1,05

Elaborado por:

 Violeta Chamorro

Revisado por:

 EMULDEC CIA. LTDA.
 R.U.C. 1791773268001

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																																																																																																																																										
	Materiales Bituminosos. Determinación de la pérdida de masa por calentamiento																																																																																																																																										
Producto					Cemento Asfáltico aditivado																																																																																																																																						
Especificación					AC-20																																																																																																																																						
Método de ensayo					ASTM D2872 / INEN 924																																																																																																																																						
Fecha					22/08/2019																																																																																																																																						
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> <tr> <td>Temperatura de ensayo</td> <td>163 ± 1 °C</td> </tr> </table>										Condiciones del Ensayo		Temperatura de ensayo	163 ± 1 °C																																																																																																																														
Condiciones del Ensayo																																																																																																																																											
Temperatura de ensayo	163 ± 1 °C																																																																																																																																										
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="2">Especificaciones de Material Bituminoso</th> </tr> <tr> <td>Cantidad de Material Bituminoso</td> <td>50 ± 0,5 g</td> </tr> <tr> <td>Temperatura calentamiento</td> <td>163 ± 1 °C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de Conservación</td> <td>5 horas</td> </tr> </table>										Especificaciones de Material Bituminoso		Cantidad de Material Bituminoso	50 ± 0,5 g	Temperatura calentamiento	163 ± 1 °C	Tiempo de Conservación	5 horas																																																																																																																										
Especificaciones de Material Bituminoso																																																																																																																																											
Cantidad de Material Bituminoso	50 ± 0,5 g																																																																																																																																										
Temperatura calentamiento	163 ± 1 °C																																																																																																																																										
Tiempo de Conservación	5 horas																																																																																																																																										
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="11">Resultados</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Peso (g)</th> <th colspan="10">Muestra</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> <tr> <th colspan="11" style="text-align: center;">Antes del Calentamiento</th> </tr> <tr> <td>Tara</td> <td>47,51</td> <td>47,62</td> <td>47,61</td> <td>45,44</td> <td>47,72</td> <td>52,47</td> <td>47,88</td> <td>47,56</td> <td>47,04</td> <td>47,38</td> </tr> <tr> <td>Asfalto + Tara</td> <td>97,67</td> <td>97,87</td> <td>98,5</td> <td>95,97</td> <td>97,82</td> <td>102,62</td> <td>97,9</td> <td>97,72</td> <td>97,32</td> <td>97,61</td> </tr> <tr> <td>Asfalto</td> <td>50,16</td> <td>50,25</td> <td>50,89</td> <td>50,53</td> <td>50,1</td> <td>50,15</td> <td>50,02</td> <td>50,16</td> <td>50,28</td> <td>50,23</td> </tr> <tr> <th colspan="11" style="text-align: center;">Después del Calentamiento</th> </tr> <tr> <td>Asfalto + Tara</td> <td>91,42</td> <td>91,98</td> <td>92,23</td> <td>89,32</td> <td>91,93</td> <td>96,37</td> <td>91,23</td> <td>91,26</td> <td>90,89</td> <td>91,02</td> </tr> <tr> <td>Asfalto</td> <td>43,91</td> <td>44,36</td> <td>44,62</td> <td>43,88</td> <td>44,21</td> <td>43,9</td> <td>43,35</td> <td>43,7</td> <td>43,85</td> <td>43,64</td> </tr> <tr> <td>Pérdida de Masa</td> <td>12,46</td> <td>11,72</td> <td>12,32</td> <td>13,16</td> <td>11,76</td> <td>12,46</td> <td>13,33</td> <td>12,88</td> <td>12,79</td> <td>13,12</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">% de Pérdida Promedio</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">12,60</td> </tr> </table>										Resultados											Peso (g)	Muestra										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Antes del Calentamiento											Tara	47,51	47,62	47,61	45,44	47,72	52,47	47,88	47,56	47,04	47,38	Asfalto + Tara	97,67	97,87	98,5	95,97	97,82	102,62	97,9	97,72	97,32	97,61	Asfalto	50,16	50,25	50,89	50,53	50,1	50,15	50,02	50,16	50,28	50,23	Después del Calentamiento											Asfalto + Tara	91,42	91,98	92,23	89,32	91,93	96,37	91,23	91,26	90,89	91,02	Asfalto	43,91	44,36	44,62	43,88	44,21	43,9	43,35	43,7	43,85	43,64	Pérdida de Masa	12,46	11,72	12,32	13,16	11,76	12,46	13,33	12,88	12,79	13,12	% de Pérdida Promedio					12,60				
Resultados																																																																																																																																											
Peso (g)	Muestra																																																																																																																																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																	
Antes del Calentamiento																																																																																																																																											
Tara	47,51	47,62	47,61	45,44	47,72	52,47	47,88	47,56	47,04	47,38																																																																																																																																	
Asfalto + Tara	97,67	97,87	98,5	95,97	97,82	102,62	97,9	97,72	97,32	97,61																																																																																																																																	
Asfalto	50,16	50,25	50,89	50,53	50,1	50,15	50,02	50,16	50,28	50,23																																																																																																																																	
Después del Calentamiento																																																																																																																																											
Asfalto + Tara	91,42	91,98	92,23	89,32	91,93	96,37	91,23	91,26	90,89	91,02																																																																																																																																	
Asfalto	43,91	44,36	44,62	43,88	44,21	43,9	43,35	43,7	43,85	43,64																																																																																																																																	
Pérdida de Masa	12,46	11,72	12,32	13,16	11,76	12,46	13,33	12,88	12,79	13,12																																																																																																																																	
% de Pérdida Promedio					12,60																																																																																																																																						
Elaborado por:					Revisado por:																																																																																																																																						
<hr/> Violeta Chamorro					 EMULDEC CIA. LTDA. R.U.C. 1791773268001																																																																																																																																						



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
 PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
 VIGENTES EN EL ECUADOR

Materiales Bituminosos. Determinación de la penetración

Producto	Cemento Asfáltico aditivado envejecido
Especificación	AC-20
Método de ensayo	ASTM D5 / INEN 917
Fecha	21/8/2019

Condiciones del Ensayo	
Temperatura	25,0 ± 0,1°C
Carga	100 ± 0,1g
Tiempo	5s

Especificación Material Bituminoso	
Temperatura muestra	< 60°C
Tiempo enfriamiento	45min a 1,5 horas
Tiempo de conservación	45min a 1,5 horas

Resultados	
Muestra	Penetración (dmm)
1	78
2	79

Promedio	78,5
-----------------	------

Observaciones: _____

Elaborado por:

 Violeta Chamorro

Revisado por:

EMULDEC CIA. LTDA.
 R.U.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
VIGENTES EN EL ECUADOR

Materiales Bituminosos. Determinación del residuo de penetración específica

Producto	Cemento Asfáltico aditivado envejecido
Especificación	AC-20
Método de ensayo	INEN 918
Fecha	21/08/2019

Condiciones del Ensayo	
Temperatura	25,0 ± 0,1 °C
Tiempo	5s

Especificaciones de Material Bituminoso	
Cantidad de Material Bituminoso	100 ± 0,1 g
Temperatura calentamiento	249 °C
Temperatura de Conservación	249 a 260 °C

Resultados			
Especificación	Betún Original	Asfalto envejecido	Resultado
Ensayo	Penetración (dmm)	Penetración (dmm)	Penetración (% de la original)
1	138	54	65,854
2	149	56	66,667


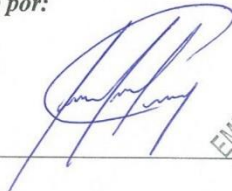

% Promedio	54,77
-------------------	--------------


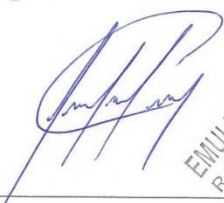
Elaborado por:



Violeta Chamorro


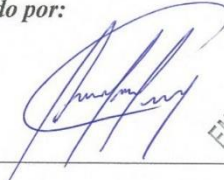

Revisado por:



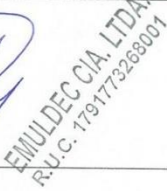
EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001


 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																													
Materiales Bituminosos. Índice de penetración																														
Producto	Cemento Asfáltico aditivado envejecido																													
Especificación	AC-20																													
Método de ensayo	MOP 001F-2002/ SUBSECCIÓN 810.2.02																													
Fecha	21/08/2019																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e0e0e0;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Temperatura</td> <td style="text-align: center;">25,0 ± 0,1°C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Carga</td> <td style="text-align: center;">100 ± 0,1g</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tiempo</td> <td style="text-align: center;">5s</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e0e0e0;">Expresiones para cálculo de resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">$50 \times \left[\frac{\log 800 - \log Pen}{Tab - 25} \right]$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Índice de Penetración</td> <td style="text-align: center;">$\left[\frac{20 - A}{A + 1} \right]$</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #e0e0e0;">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Penetración (Pen)</td> <td style="text-align: center;">dmm</td> <td style="text-align: center;">78,5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Punto de ablandamiento (Tab)</td> <td style="text-align: center;">°C</td> <td style="text-align: center;">46</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td></td> <td style="text-align: center;">2,459</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Índice de Penetración(IP)</td> <td style="text-align: center;">dmm</td> <td style="text-align: center;">-1,33</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	25,0 ± 0,1°C	Carga	100 ± 0,1g	Tiempo	5s	Expresiones para cálculo de resultados		A	$50 \times \left[\frac{\log 800 - \log Pen}{Tab - 25} \right]$	Índice de Penetración	$\left[\frac{20 - A}{A + 1} \right]$	Resultados			Penetración (Pen)	dmm	78,5	Punto de ablandamiento (Tab)	°C	46	A		2,459	Índice de Penetración(IP)	dmm	-1,33
Condiciones del Ensayo																														
Temperatura	25,0 ± 0,1°C																													
Carga	100 ± 0,1g																													
Tiempo	5s																													
Expresiones para cálculo de resultados																														
A	$50 \times \left[\frac{\log 800 - \log Pen}{Tab - 25} \right]$																													
Índice de Penetración	$\left[\frac{20 - A}{A + 1} \right]$																													
Resultados																														
Penetración (Pen)	dmm	78,5																												
Punto de ablandamiento (Tab)	°C	46																												
A		2,459																												
Índice de Penetración(IP)	dmm	-1,33																												
Observaciones: _____ _____																														
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																													

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																										
Materiales Bituminosos. Determinación de la ductilidad																											
Producto	Cemento Asfáltico aditivado envejecido																										
Especificación	AC-20																										
Método de ensayo	ASTM D113 / INEN 916																										
Fecha	21/08/2019																										
<table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>25,0 ± 0,5 °C</td> </tr> <tr> <td>Velocidad</td> <td>5cm/min ± 5,0 %</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Briqueta de Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura muestra</td> <td>145 °C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo enfriamiento</td> <td>35 ± 5 min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo sumergido</td> <td>35 ± 5 min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de conservación</td> <td>90 ± 5 min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Elongación (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>68,5</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tr> <td>Promedio</td> <td>65,75</td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	25,0 ± 0,5 °C	Velocidad	5cm/min ± 5,0 %	Especificación Briqueta de Material Bituminoso		Temperatura muestra	145 °C	Tiempo enfriamiento	35 ± 5 min	Tiempo sumergido	35 ± 5 min	Tiempo de conservación	90 ± 5 min	Resultados		Muestra	Elongación (cm)	1	63	2	68,5	Promedio	65,75
Condiciones del Ensayo																											
Temperatura	25,0 ± 0,5 °C																										
Velocidad	5cm/min ± 5,0 %																										
Especificación Briqueta de Material Bituminoso																											
Temperatura muestra	145 °C																										
Tiempo enfriamiento	35 ± 5 min																										
Tiempo sumergido	35 ± 5 min																										
Tiempo de conservación	90 ± 5 min																										
Resultados																											
Muestra	Elongación (cm)																										
1	63																										
2	68,5																										
Promedio	65,75																										
Observaciones: _____ _____																											
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  EMULDEC CIA. LTDA. R.U.C. 1791773268001																										

 <p>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO</p>	<p align="center">UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR</p>																	
<p align="center">Materiales Bituminosos. Viscosidad Absoluta a 60°C</p>																		
<p>Producto</p>	<p>Cemento Asfáltico aditivado envejecido</p>																	
<p>Especificación</p>	<p>AC-20</p>																	
<p>Método de ensayo</p>	<p>ASTM D2171 / INEN 2515</p>																	
<p>Fecha</p>	<p>21/08/2019</p>																	
<table border="1" data-bbox="502 772 1093 913"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>60 °C</td> </tr> <tr> <td>Velocidad</td> <td>20 (RPM)</td> </tr> <tr> <td>Tiempo</td> <td>20 Min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="507 940 1085 1048"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Viscosidad (cp)</td> <td>156,8</td> </tr> <tr> <td>Torque (%)</td> <td>94</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="619 1075 976 1120"> <tr> <td>$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="619 1146 976 1191"> <tr> <td>Viscosidad (Pas)</td> <td>0,157</td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	60 °C	Velocidad	20 (RPM)	Tiempo	20 Min	Resultados		Viscosidad (cp)	156,8	Torque (%)	94	$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$	Viscosidad (Pas)	0,157
Condiciones del Ensayo																		
Temperatura	60 °C																	
Velocidad	20 (RPM)																	
Tiempo	20 Min																	
Resultados																		
Viscosidad (cp)	156,8																	
Torque (%)	94																	
$1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$																		
Viscosidad (Pas)	0,157																	
<p>Observaciones: _____</p>																		
<p>Elaborado por:</p> <p>_____</p> <p>Violeta Chamorro</p>	<p>Revisado por:</p>  <p>EMULDEC CIA. LTDA. R.U.C. 1791773268001</p>																	

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																						
Materiales Bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento (Método anillo y bola)																							
Producto	Cemento Asfáltico aditivado envejecido																						
Especificación	AC-20																						
Método de ensayo	ASTM D113 / INEN 916																						
Fecha	21/08/2019																						
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Punto de reblandecimiento</td> <td>30 a 80 °C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura agua evaporada</td> <td>5 ± 1 °C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Método de ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profundidad del líquido</td> <td>105 ± 3 mm</td> </tr> <tr> <td>Tasa de incremento de temperatura</td> <td>5°C/min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Punto de reblandecimiento (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>46</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>45,50</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Punto de reblandecimiento	30 a 80 °C	Temperatura agua evaporada	5 ± 1 °C	Método de ensayo		Profundidad del líquido	105 ± 3 mm	Tasa de incremento de temperatura	5°C/min	Resultados		Muestra	Punto de reblandecimiento (°C)	1	45	2	46	Promedio	45,50
Condiciones del Ensayo																							
Punto de reblandecimiento	30 a 80 °C																						
Temperatura agua evaporada	5 ± 1 °C																						
Método de ensayo																							
Profundidad del líquido	105 ± 3 mm																						
Tasa de incremento de temperatura	5°C/min																						
Resultados																							
Muestra	Punto de reblandecimiento (°C)																						
1	45																						
2	46																						
Promedio	45,50																						
Observaciones: _____ _____																							
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																						

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																				
Materiales Bituminosos. Ensayo de la mancha																					
Producto	Cemento Asfáltico aditivado																				
Especificación	AC-20																				
Método de ensayo	AASHTO T 102-83																				
Fecha	19/06/2019																				
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura baño</td> <td>32 ± 0,5 °C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo en el baño</td> <td>55s</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cantidad de muestra</td> <td>2 ± 0,02 g</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de solvente</td> <td>10,2 ml</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de conservación ambiente</td> <td>30 minutos</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muestra</td> <td>Resultado a las 24horas</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>NEGATIVO</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura baño	32 ± 0,5 °C	Tiempo en el baño	55s	Especificación Material Bituminoso		Cantidad de muestra	2 ± 0,02 g	Cantidad de solvente	10,2 ml	Tiempo de conservación ambiente	30 minutos	Resultados		Muestra	Resultado a las 24horas	1	NEGATIVO
Condiciones del Ensayo																					
Temperatura baño	32 ± 0,5 °C																				
Tiempo en el baño	55s																				
Especificación Material Bituminoso																					
Cantidad de muestra	2 ± 0,02 g																				
Cantidad de solvente	10,2 ml																				
Tiempo de conservación ambiente	30 minutos																				
Resultados																					
Muestra	Resultado a las 24horas																				
1	NEGATIVO																				
Observaciones: _____ _____																					
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																				

 <p>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR</p>		<p>Caracterización del cemento asfáltico Aditivado AC-20</p>						
<p>Procedencia</p>		<p>Aditivado por EMULDEC</p>						
<p>Método de Ensayo</p>		<p>MOP- SUBSECCIÓN 810-2.02 Tabla 810.2.1</p>						
ESPECIFICACIONES	ENSAYOS	UNIDADES	NORMAS		RANGO ACEPTABLE		RESULTADOS	CUMPLE / NO CUMPLE
			ASTM	INEN	Min.	Max.		
Betún original								
	Penetración a 25°C, 100g, 5s	1/10mm	ASTM D5	INEN 917	60	70	179,00	NO CUMPLE
	Ductilidad a 25°C y 5cm/min	cm	ASTM D113	INEN 916	100	-	102,50	CUMPLE
	Punto de reblandecimiento	°C	ASTM D35	INEN 920	48	57	48	NO CUMPLE
	Viscosidad Absoluta, a 60 °C	Pa s ^ 7	ASTM D2171	INEN 810	160	240	53,1	NO CUMPLE
	Viscosidad Cinemática a 135 °C, Saybolt-Furol	m	ASTM D2170	INEN 810	300	-	157,09	NO CUMPLE
	Punto de Inflamación	°C	ASTM D92	INEN 808	232	-	248	CUMPLE
	Ensayo de la Mancha	(**)		AASHTO-T-102		NEGATIVO	NEGATIVO	CUMPLE
	Densidad Relativa 25°C/25 °C	g/cm3	ASTM D70	INEN 2903	1	-	1,05	CUMPLE

EMULDEC CIA LTDA.
R.U.C. 179173298001

Residuos de ensayos de película Finu en horno Rotatorio

Variación de Masa		ASTM D2872	INEN 924	-	0,8	12,60	NO CUMPLE
Ductilidad a 25°C y 5cm/min	%	ASTM D113	INEN 916	50	-	65,75	CUMPLE
Viscosidad Absoluta, a 60 °C	cm	ASTM D2171	INEN 810	-	800	0,1568	CUMPLE
Penetración (% del original)	Pa s ^{1/7}		INEN 918	54	-	54,77	CUMPLE
Punto de reblandecimiento	% m/m	ASTM D36	INEN 920	-	48	46	CUMPLE
Índice de Penetración	°C	ASTM D5		-1,5	1	-1,33	CUMPLE
	-						

Observaciones:

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:

EMUDEG CIA. LTDA.
R.U.C. 179177328001

**ANEXO B.CERTIFICACIONES DE LOS ENSAYOS SOBRE EMULSIONES
ASFÁLTICAS NORMAL Y ADITIVADA**



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES
 ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON
 LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR

Productos derivados del petróleo. Determinación de la viscosidad saybolt

Producto	<i>Emulsión Normal</i>
Especificación	<i>CSS-1h</i>
Método de ensayo	<i>ASTM D88-07 / INEN 1981</i>
Fecha	<i>27/08/2018</i>

<i>Condiciones del Ensayo</i>	
<i>Temperatura</i>	<i>25,0 °C</i>
<i>Alcance de la Marca en la copa receptora</i>	<i>60 ml</i>

<i>Especificación Material Bituminoso</i>	
<i>Temperatura muestra</i>	<i>50°C</i>
<i>Cantidad de la muestra</i>	<i>100ml</i>
<i>Tiempo de agitado</i>	<i>1 minuto</i>
<i>Tiempo de sumergido</i>	<i>30 minutos</i>

<i>Resultados</i>	
<i>Muestra</i>	<i>Tiempo de flujo (s)</i>
<i>1</i>	<i>20</i>

<i>Viscosidad Saybolt 25° C</i>	<i>20,00</i>
---------------------------------	--------------

Observaciones: _____

Elaborado por:

 Violeta Chamorro

Revisado por:

EMULDEC CIA. LTDA.
 R.U.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
VIGENTES EN EL ECUADOR

Emulsiones Asfálticas. Ensayo de Asentamiento

Producto	<i>Emulsión Normal</i>
Especificación	<i>CSS-1h</i>
Método de ensayo	<i>ASTM D6930 / INEN 910</i>
Fecha	<i>29/06/2018 – 04/07/2018</i>

<i>Condiciones del Ensayo</i>	
<i>Temperatura</i>	<i>22° C a 28 °C</i>
<i>Tiempo de almacenamiento</i>	<i>5 días</i>

<i>Especificaciones de la muestra</i>	
<i>Cantidad de emulsión</i>	<i>55 mL</i>
<i>Viscosidad de la Emulsión</i>	<i>25° C</i>
<i>Temperatura de calentamiento</i>	<i>25 ± 1 °C</i>
<i>Después 5 días</i>	
<i>Temperatura de calentamiento</i>	<i>163 ± 3 °C</i>
<i>Cantidad de muestra</i>	<i>50 ± 0,1 g</i>

<i>Resultados</i>		
<i>Especificación</i>	<i>Peso Superior (g)</i>	<i>Peso inferior (g)</i>
<i>Antes del calentamiento</i>		
<i>Tara + Varilla</i>	<i>97,74</i>	<i>96,22</i>
<i>Tara + Varilla + Emulsión</i>	<i>152,49</i>	<i>155,59</i>
<i>Emulsión</i>	<i>54,75</i>	<i>59,37</i>
<i>Después del calentamiento</i>		
<i>Tara + Varilla + Emulsión</i>	<i>131,24</i>	<i>133,28</i>

EMULDEC CIA. LTDA.
 R.U.C. 1791773268001

<i>A (Porcentaje parte superior)</i>	61,19
<i>B (porcentaje parte inferior)</i>	62,42

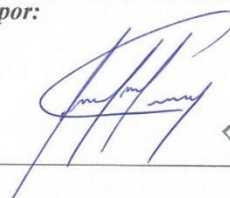
<i>Asentamiento, % (5 días)</i>	1,23
-------------------------------------	------

Observaciones: _____

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:



EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
 PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
 VIGENTES EN EL ECUADOR

Emulsiones Asfálticas. Determinación de la estabilidad de almacenamiento

Producto	Emulsión Normal
Especificación	Css-1h
Método de ensayo	ASTM D6930 / INEN 909
Fecha	28/006/2018 – 29/06/2018

<i>Condiciones del Ensayo</i>	
<i>Temperatura</i>	22° C a 28 °C
<i>Tiempo de almacenamiento</i>	24 horas

<i>Especificaciones de la muestra</i>	
<i>Cantidad de emulsión</i>	500 ml
<i>Viscosidad de la Emulsión</i>	25° C
<i>Temperatura de calentamiento</i>	25 ± 3 °C
<i>Después 24 horas</i>	
<i>Temperatura de calentamiento</i>	163 ± 3 °C
<i>Cantidad de muestra</i>	50 ± 0,1 g

<i>Resultados</i>		
<i>Especificación</i>	<i>Peso Superior (g)</i>	<i>Peso inferior (g)</i>
<i>Antes del calentamiento</i>		
<i>Tara + Varilla</i>	92,1	87,4
<i>Tara + Varilla + Emulsión</i>	154,68	139,35
<i>Emulsión</i>	62,58	51,95
<i>Después del calentamiento</i>		
<i>Tara + Varilla + Emulsión</i>	130,88	119,62

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 179173268001

<i>A (Porcentaje parte superior)</i>	61,97
<i>B (porcentaje parte inferior)</i>	62,02

<i>Estabilidad al almacenamiento, %(24h)</i>	0,05
--	------

Observaciones: _____

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:



EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
VIGENTES EN EL ECUADOR

Emulsiones Asfálticas. Identificación de la emulsión según la polaridad de las partículas

Producto	Emulsión Normal
Especificación	CSS-1h
Método de ensayo	ASTM D7402 / INEN 908
Fecha	29/06/2018

Condiciones del Ensayo	
Corriente Continua inicial	8mA
Caída de corriente de registro	2mA
Tiempo de registro de resultado	30 min.

Método de Ensayo	
Distancia de los electrodos	12 ± 2 mm
Profundidad de Inmersión Electrodo en la emulsión	25 mm aprox.

Resultados	
Muestra	Polaridad de las Partículas Bituminosas
I	Positiva

Tipo de Emulsión	Emulsión Catiónica
-------------------------	--------------------

Observaciones: _____

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
 PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
 VIGENTES EN EL ECUADOR

Emulsiones Asfálticas. Mezclado con cemento

Producto	Emulsión Normal
Especificación	CSS-1h
Método de ensayo	ASTM D6935 / INEN 904
Fecha	29/06/2018

<i>Condiciones del Ensayo</i>	
<i>Temperatura</i>	25 °C
<i>% de residuo</i>	61,56
<i>% de agua</i>	$100 - \left(\frac{55}{\% \text{ residuo}} * 100 \right)$
<i>% de agua</i>	10,652

<i>Método de ensayo</i>	
<i>Cantidad de emulsión</i>	100 ml
<i>Peso de cemento Portland</i>	50 ± 0,1g
<i>Cantidad de agua evaporada</i>	150 ml
<i>Después de Verter la muestra</i>	
<i>Temperatura horno</i>	163 ± 3 °C
<i>Tiempo de calentamiento mezcla en tamiz</i>	1 hora

<i>Resultados</i>	
<i>Descripción</i>	<i>Masa (g)</i>
<i>A= Masa del tamiz y la bandeja, g</i>	216,3
<i>B= Masa del tamiz, la bandeja y el residuo, g</i>	218,28

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001

<i>Masa retenida</i>	<i>B - A</i>
<i>Masa retenida</i>	<i>1,98</i>

Observaciones: _____

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:



EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
 PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
 VIGENTES EN EL ECUADOR

Emulsiones Asfálticas. Determinación de partículas de gran tamaño. Ensayo de tamizado

Producto	<i>Emulsión Normal</i>
Especificación	<i>CSS-1h</i>
Método de ensayo	<i>ASTM D6933 / INEN 906</i>
Fecha	<i>29/06/2018</i>

Condiciones del Ensayo

Temperatura Ambiente	<i>condiciones estándar</i>
-----------------------------	-----------------------------

Método de ensayo

Cantidad de emulsión	<i>800 - 1000g</i>
Temperatura de secado en el horno	<i>110 ± 5 °C</i>
Tiempo de secado en el horno	<i>2 horas</i>

Resultados

Descripción	Peso (g)
<i>A= Peso del tamiz y la bandeja</i>	<i>201,62</i>
<i>B= Peso del tamiz, la bandeja y el residuo</i>	<i>201,45</i>
<i>C= Peso del recipiente de la muestra lleno</i>	<i>1177,13</i>
<i>D= Peso del recipiente de la muestra vacío</i>	<i>278,2</i>

EMULDEC CIA. LTDA.
 R.U.C. 1791773268007

<i>Partículas de gran tamaño</i>	$\frac{B - A}{C - D} * 100$
<i>Partículas de gran tamaño, %</i>	-0,02

Observaciones: _____



Elaborado por:




Violeta Chamorro




Revisado por:


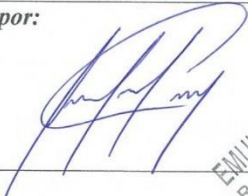




EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																																																																									
Emulsiones Asfálticas. Determinación del residuo por evaporación																																																																										
Producto	Emulsión Normal																																																																									
Especificación	CSS-1h																																																																									
Método de ensayo	ASTM D6934 / INEN 905																																																																									
Fecha	02/07/2018																																																																									
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1eef6;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Temperatura</td> <td style="text-align: center;">163 ± 3 °C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1eef6;">Método de ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Cantidad e Emulsión</td> <td style="text-align: center;">50 ± 0,1g</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Temperatura de estufa para el calentamiento de los vasos junto a varillas y muestras</td> <td style="text-align: center;">163 ± 3 °C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tiempo de calentamiento</td> <td style="text-align: center;">2 horas</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	163 ± 3 °C	Método de ensayo		Cantidad e Emulsión	50 ± 0,1g	Temperatura de estufa para el calentamiento de los vasos junto a varillas y muestras	163 ± 3 °C	Tiempo de calentamiento	2 horas																																																													
Condiciones del Ensayo																																																																										
Temperatura	163 ± 3 °C																																																																									
Método de ensayo																																																																										
Cantidad e Emulsión	50 ± 0,1g																																																																									
Temperatura de estufa para el calentamiento de los vasos junto a varillas y muestras	163 ± 3 °C																																																																									
Tiempo de calentamiento	2 horas																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8" style="background-color: #e1eef6;">Resultados</th> </tr> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: left;">Especificación</th> <th colspan="7" style="text-align: center;">Peso (g)</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">3</th> <th style="text-align: center;">4</th> <th style="text-align: center;">5</th> <th style="text-align: center;">6</th> <th style="text-align: center;">7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="8" style="text-align: center;">Antes del Calentamiento</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Tara + varilla</td> <td style="text-align: center;">87,68</td> <td style="text-align: center;">88,04</td> <td style="text-align: center;">104,06</td> <td style="text-align: center;">92,58</td> <td style="text-align: center;">91,22</td> <td style="text-align: center;">91,41</td> <td style="text-align: center;">87,18</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Asfalto</td> <td style="text-align: center;">50,69</td> <td style="text-align: center;">50,18</td> <td style="text-align: center;">50,08</td> <td style="text-align: center;">50,47</td> <td style="text-align: center;">50,41</td> <td style="text-align: center;">50,37</td> <td style="text-align: center;">50,6</td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: center;">Antes del Calentamiento</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Tara + varilla + residuo</td> <td style="text-align: center;">118,6</td> <td style="text-align: center;">118,74</td> <td style="text-align: center;">134,69</td> <td style="text-align: center;">123,34</td> <td style="text-align: center;">122,04</td> <td style="text-align: center;">122,09</td> <td style="text-align: center;">118,12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Residuo</td> <td style="text-align: center;">61,84</td> <td style="text-align: center;">61,4</td> <td style="text-align: center;">61,26</td> <td style="text-align: center;">61,52</td> <td style="text-align: center;">61,64</td> <td style="text-align: center;">61,36</td> <td style="text-align: center;">61,88</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Promedio</td> <td style="text-align: center;">61,56</td> </tr> </table>		Resultados								Especificación	Peso (g)							1	2	3	4	5	6	7	Antes del Calentamiento								Tara + varilla	87,68	88,04	104,06	92,58	91,22	91,41	87,18	Asfalto	50,69	50,18	50,08	50,47	50,41	50,37	50,6	Antes del Calentamiento								Tara + varilla + residuo	118,6	118,74	134,69	123,34	122,04	122,09	118,12	Residuo	61,84	61,4	61,26	61,52	61,64	61,36	61,88	Promedio	61,56
Resultados																																																																										
Especificación	Peso (g)																																																																									
	1	2	3	4	5	6	7																																																																			
Antes del Calentamiento																																																																										
Tara + varilla	87,68	88,04	104,06	92,58	91,22	91,41	87,18																																																																			
Asfalto	50,69	50,18	50,08	50,47	50,41	50,37	50,6																																																																			
Antes del Calentamiento																																																																										
Tara + varilla + residuo	118,6	118,74	134,69	123,34	122,04	122,09	118,12																																																																			
Residuo	61,84	61,4	61,26	61,52	61,64	61,36	61,88																																																																			
Promedio	61,56																																																																									
Elaborado por: <hr style="width: 30%; margin-left: 0;"/> Violeta Chamorro	Revisado por:  EMULDEC CIA. LTDA. R.U.C. 1791773268001																																																																									

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																										
Materiales Bituminosos. Determinación de la penetración																											
Producto	<i>Emulsión Normal</i>																										
Especificación	<i>CSS-1h</i>																										
Método de ensayo	<i>ASTM D5 / INEN 917</i>																										
Fecha	<i>04/07/2018</i>																										
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d9e1f2;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Temperatura</i></td> <td style="text-align: center;"><i>25,0 ± 0,1°C</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Carga</i></td> <td style="text-align: center;"><i>100 ± 0,1g</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Tiempo</i></td> <td style="text-align: center;"><i>5s</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d9e1f2;">Especificación Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Temperatura muestra</i></td> <td style="text-align: center;"><i>< 60°C</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Tiempo enfriamiento</i></td> <td style="text-align: center;"><i>45min a 1,5 horas</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Tiempo de conservación</i></td> <td style="text-align: center;"><i>45min a 1,5 horas</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d9e1f2;">Resultados</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Muestra</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Penetración (dmm)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>1</i></td> <td style="text-align: center;"><i>54</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>2</i></td> <td style="text-align: center;"><i>56</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Promedio</td> <td style="text-align: center;">55</td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		<i>Temperatura</i>	<i>25,0 ± 0,1°C</i>	<i>Carga</i>	<i>100 ± 0,1g</i>	<i>Tiempo</i>	<i>5s</i>	Especificación Material Bituminoso		<i>Temperatura muestra</i>	<i>< 60°C</i>	<i>Tiempo enfriamiento</i>	<i>45min a 1,5 horas</i>	<i>Tiempo de conservación</i>	<i>45min a 1,5 horas</i>	Resultados		<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>	<i>1</i>	<i>54</i>	<i>2</i>	<i>56</i>	Promedio	55
Condiciones del Ensayo																											
<i>Temperatura</i>	<i>25,0 ± 0,1°C</i>																										
<i>Carga</i>	<i>100 ± 0,1g</i>																										
<i>Tiempo</i>	<i>5s</i>																										
Especificación Material Bituminoso																											
<i>Temperatura muestra</i>	<i>< 60°C</i>																										
<i>Tiempo enfriamiento</i>	<i>45min a 1,5 horas</i>																										
<i>Tiempo de conservación</i>	<i>45min a 1,5 horas</i>																										
Resultados																											
<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>																										
<i>1</i>	<i>54</i>																										
<i>2</i>	<i>56</i>																										
Promedio	55																										
Observaciones: _____ _____																											
Elaborado por: _____ <i>Violeta Chamorro</i>	Revisado por:  																										

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																										
Materiales Bituminosos. Determinación de la ductilidad																											
Producto	<i>Emulsión Normal</i>																										
Especificación	CSS-1h																										
Método de ensayo	ASTM D113 / INEN 916																										
Fecha	04/07/2018																										
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>25,0 ± 0,5 °C</td> </tr> <tr> <td>Velocidad</td> <td>5cm/min ± 5,0 %</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Briqueta de Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura muestra</td> <td>145 °C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo enfriamiento</td> <td>35 ± 5 min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo sumergido</td> <td>35 ± 5 min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de conservación</td> <td>90 ± 5 min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Elongación (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>43</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tbody> <tr> <td>Promedio</td> <td>42,50</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	25,0 ± 0,5 °C	Velocidad	5cm/min ± 5,0 %	Especificación Briqueta de Material Bituminoso		Temperatura muestra	145 °C	Tiempo enfriamiento	35 ± 5 min	Tiempo sumergido	35 ± 5 min	Tiempo de conservación	90 ± 5 min	Resultados		Muestra	Elongación (cm)	1	42	2	43	Promedio	42,50
Condiciones del Ensayo																											
Temperatura	25,0 ± 0,5 °C																										
Velocidad	5cm/min ± 5,0 %																										
Especificación Briqueta de Material Bituminoso																											
Temperatura muestra	145 °C																										
Tiempo enfriamiento	35 ± 5 min																										
Tiempo sumergido	35 ± 5 min																										
Tiempo de conservación	90 ± 5 min																										
Resultados																											
Muestra	Elongación (cm)																										
1	42																										
2	43																										
Promedio	42,50																										
Observaciones: _____ _____																											
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																										

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																						
Materiales Bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento (Método anillo y bola)																							
Producto	Emulsión Normal																						
Especificación	CSS-1h																						
Método de ensayo	ASTM D113 / INEN 915																						
Fecha	04/07/2018																						
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Punto de reblandecimiento</td> <td>30 a 80 °C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura agua evaporada</td> <td>5 ± 1 °C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Método de ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profundidad del líquido</td> <td>105 ± 3 mm</td> </tr> <tr> <td>Tasa de incremento de temperatura</td> <td>5°C/min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Punto de reblandecimiento (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>53</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tbody> <tr> <td>Promedio</td> <td>53</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Punto de reblandecimiento	30 a 80 °C	Temperatura agua evaporada	5 ± 1 °C	Método de ensayo		Profundidad del líquido	105 ± 3 mm	Tasa de incremento de temperatura	5°C/min	Resultados		Muestra	Punto de reblandecimiento (°C)	1	52	2	53	Promedio	53
Condiciones del Ensayo																							
Punto de reblandecimiento	30 a 80 °C																						
Temperatura agua evaporada	5 ± 1 °C																						
Método de ensayo																							
Profundidad del líquido	105 ± 3 mm																						
Tasa de incremento de temperatura	5°C/min																						
Resultados																							
Muestra	Punto de reblandecimiento (°C)																						
1	52																						
2	53																						
Promedio	53																						
Observaciones: _____ _____																							
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																						

 <p>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO</p>		<p>UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR</p>						
		Caracterización de la emulsión normal CSS- 1h						
		Procedencia			EMULDEC			
		Método de Ensayo			MOP- SUBSECCIÓN 810-4.02 Tabla 810.4.2			
		Caracterización de la emulsión normal CSS- 1h						
ESPECIFICACIONES	ENSAYOS	UNIDADES	NORMAS		RANGO ACEPTABLE		RESULTADOS	CUMPLE / NO CUMPLE
			ASTM	INEN	Min.	Max.		
Viscosidad								
	Furol a 25°C	SSF	ASTM D88-07	INEN 1981	20	100	20,00	CUMPLE
	Asentamiento, a los 5 días	%	ASTM D6930	INEN 910	-	5	1,23	CUMPLE
	Estabilidad de almacenamiento 24h	%	ASTM D6930	INEN 909	-	1	0,05	CUMPLE
Capacidad de cubrimiento								
	Carga de la partícula		ASTM D7402	INEN 908	Positiva		Positiva	CUMPLE
	Mezcla con cemento	% m/m	ASTM D6935	INEN 904	-	2	1,98	CUMPLE
	Ensayo Tamizado	% m/m	ASTM D6933	INEN 906	-	0,1	-0,02	CUMPLE

EMULDEC CIA LTDA
R.U.C. 179177326901

Evaporación						
Residuo	%V	ASTM D6934	INEN 905	57	-	62
Ensayos sobre residuos						
Penetración a 25°C, 100g, 5s	1/10 mm	ASTM D5	INEN 917	40	90	55,00
Ductilidad a 25°C, 100g, 5cm/min	dmm	ASTM D1143	INEN 916	40	-	42,50
Punto de ablandamiento	°C	ASTM D36	INEN 915	REPORTAR		53

CUMPLE

CUMPLE

CUMPLE

CUMPLE

Observaciones:

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:



EMUDECA S.A. LTDA.
R.U.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES
ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON
LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR

Productos derivados del petróleo. Determinación de la viscosidad saybolt

Producto	Emulsión Aditivada
Especificación	CSS-1h
Método de ensayo	ASTM D88-07 / INEN 1981
Fecha	27/06/2018

Condiciones del Ensayo	
Temperatura	25,0 °C
Alcance de la Marca en la copa receptora	60 ml

Especificación Material Bituminoso	
Temperatura muestra	50°C
Cantidad de la muestra	100ml
Tiempo de agitado	1 minuto
Tiempo de sumergido	30 minutos

Resultados	
Muestra	Tiempo de flujo (s)
1	22

Viscosidad Saybolt 25ª C	22,00
---------------------------------	-------

Observaciones: _____

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:

EMULDEC CIA. LTDA.
 R.U.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
VIGENTES EN EL ECUADOR

Emulsiones Asfálticas. Ensayo de Asentamiento

Producto	<i>Emulsión Aditivada</i>
Especificación	<i>CSS-1h</i>
Método de ensayo	<i>ASTM D6930 / INEN 910</i>
Fecha	<i>27/06/2018 – 02/07/2018</i>

Condiciones del Ensayo

Temperatura	<i>22° C a 28 °C</i>
Tiempo de almacenamiento	<i>5 días</i>

Especificaciones de la muestra

Cantidad de emulsión	<i>55 mL</i>
Viscosidad de la Emulsión	<i>25° C</i>
Temperatura de calentamiento	<i>25 ± 1 °C</i>
Después 5 días	
Temperatura de calentamiento	<i>163 ± 3 °C</i>
Cantidad de muestra	<i>50 ± 0,1 g</i>

Resultados

Especificación	Peso Superior (g)	Peso inferior (g)
Antes del calentamiento		
Tara + Varilla	<i>90,92</i>	<i>95,12</i>
Tara + Varilla + Emulsión	<i>152,96</i>	<i>116,76</i>
Emulsión	<i>62,04</i>	<i>51,64</i>
Después del calentamiento		
Tara + Varilla + Emulsión	<i>127,69</i>	<i>125,5</i>

EMULDEC CIA. LTDA.
 R.U.C. 1791773268001

<i>A (Porcentaje parte superior)</i>	59,27
<i>B (porcentaje parte inferior)</i>	58,83

<i>Asentamiento, % (5 días)</i>	-0,44
-------------------------------------	-------

Observaciones: _____

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:



EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
 PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
 VIGENTES EN EL ECUADOR

Emulsiones Asfálticas. Determinación de la estabilidad de almacenamiento

Producto	Emulsión Aditivada
Especificación	Css-1h
Método de ensayo	ASTM D6930 / INEN 909
Fecha	28/06/2018 – 29/06/2018

Condiciones del Ensayo	
Temperatura	22° C a 28 °C
Tiempo de almacenamiento	24 horas

Especificaciones de la muestra	
Cantidad de emulsión	500 ml
Viscosidad de la Emulsión	25° C
Temperatura de calentamiento	25 ± 3 °C
Después 24 horas	
Temperatura de calentamiento	163 ± 3 °C
Cantidad de muestra	50 ± 0,1 g

Resultados		
Especificación	Peso Superior (g)	Peso inferior (g)
Antes del calentamiento		
Tara + Varilla	85,41	91,91
Tara + Varilla + Emulsión	131,93	151,91
Emulsión	46,52	60
Después del calentamiento		
Tara + Varilla + Emulsión	112,85	125,62

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001

<i>A (Porcentaje parte superior)</i>	58,99
<i>B (porcentaje parte inferior)</i>	56,18

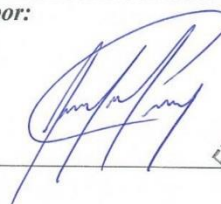
<i>Estabilidad al almacenamiento, %(24h)</i>	-2,80
--	-------

Observaciones: _____




Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:



EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																						
Emulsiones Asfálticas. Identificación de la emulsión según la polaridad de las partículas																							
Producto	Emulsión Aditivada																						
Especificación	CSS-1h																						
Método de ensayo	ASTM D7402 / INEN 908																						
Fecha	10/07/2018																						
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Corriente Continua inicial</i></td> <td style="text-align: center;">8mA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Caída de corriente de registro</i></td> <td style="text-align: center;">2mA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Tiempo de registro de resultado</i></td> <td style="text-align: center;">30 min.</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Método de Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Distancia de los electrodos</i></td> <td style="text-align: center;">12 ± 2 mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Profundidad de Inmersión Electrodo en la emulsión</i></td> <td style="text-align: center;">25 mm aprox.</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Muestra</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Polaridad de las Partículas Bituminosas</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">Positiva</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Tipo de Emulsión</td> <td style="text-align: center;">Emulsión Catiónica</td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		<i>Corriente Continua inicial</i>	8mA	<i>Caída de corriente de registro</i>	2mA	<i>Tiempo de registro de resultado</i>	30 min.	Método de Ensayo		<i>Distancia de los electrodos</i>	12 ± 2 mm	<i>Profundidad de Inmersión Electrodo en la emulsión</i>	25 mm aprox.	Resultados		<i>Muestra</i>	<i>Polaridad de las Partículas Bituminosas</i>	1	Positiva	Tipo de Emulsión	Emulsión Catiónica
Condiciones del Ensayo																							
<i>Corriente Continua inicial</i>	8mA																						
<i>Caída de corriente de registro</i>	2mA																						
<i>Tiempo de registro de resultado</i>	30 min.																						
Método de Ensayo																							
<i>Distancia de los electrodos</i>	12 ± 2 mm																						
<i>Profundidad de Inmersión Electrodo en la emulsión</i>	25 mm aprox.																						
Resultados																							
<i>Muestra</i>	<i>Polaridad de las Partículas Bituminosas</i>																						
1	Positiva																						
Tipo de Emulsión	Emulsión Catiónica																						
Observaciones: _____ _____																							
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																						



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
 PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
 VIGENTES EN EL ECUADOR

Emulsiones Asfálticas. Mezclado con cemento

Producto	<i>Emulsión Aditivada</i>
Especificación	CSS-1h
Método de ensayo	ASTM D6935 / INEN 904
Fecha	12/07/2018

<i>Condiciones del Ensayo</i>	
<i>Temperatura</i>	25 °C
<i>% de residuo</i>	61,56
<i>% de agua</i>	$100 - \left(\frac{55}{\% \text{ residuo}} * 100 \right)$
<i>% de agua</i>	10,652

<i>Método de ensayo</i>	
<i>Cantidad de emulsión</i>	100 ml
<i>Peso de cemento Portland</i>	50 ± 0,1g
<i>Cantidad de agua evaporada</i>	150 ml
<i>Después de Verter la muestra</i>	
<i>Temperatura horno</i>	163 ± 3 °C
<i>Tiempo de calentamiento mezcla en tamiz</i>	1 hora

<i>Resultados</i>	
<i>Descripción</i>	<i>Masa (g)</i>
<i>A= Masa del tamiz y la bandeja, g</i>	216,5
<i>B= Masa del tamiz, la bandeja y el residuo, g</i>	217,15

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268007

<i>Masa retenida</i>	<i>B - A</i>
<i>Masa retenida</i>	<i>0,65</i>

Observaciones: _____

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:



EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
VIGENTES EN EL ECUADOR

Emulsiones Asfálticas. Determinación de partículas de gran tamaño. Ensayo de tamizado

Producto	Emulsión Aditivada
Especificación	CSS-1h
Método de ensayo	ASTM D6933 / INEN 906
Fecha	12/07/2018

Condiciones del Ensayo

Temperatura Ambiente	condiciones estándar
-----------------------------	----------------------

Método de ensayo

Cantidad de emulsión	800 - 1000g
Temperatura de secado en el horno	110± 5 °C
Tiempo de secado en el horno	2 horas

Resultados

Descripción	Peso (g)
A= Peso del tamiz y la bandeja	201,61
B= Peso del tamiz, la bandeja y el residuo	201,47
C= Peso del recipiente de la muestra lleno	1160,24
D= Peso del recipiente de la muestra vacío	271,77

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001

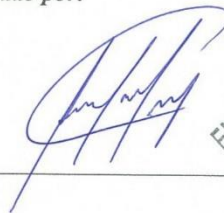
<i>Partículas de gran tamaño</i>	$\frac{B - A}{C - D} * 100$
<i>Partículas de gran tamaño, %</i>	-0,02

Observaciones: _____

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:



EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 179173268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
VIGENTES EN EL ECUADOR

Emulsiones Asfálticas. Determinación del residuo por evaporación

Producto	Emulsión Aditivada
Especificación	CSS-1h
Método de ensayo	ASTM D6934 / INEN 905
Fecha	13/07/2018

Condiciones del Ensayo	
Temperatura	163 ± 3 °C

Método de ensayo	
Cantidad e Emulsión	50 ± 0,1g
Temperatura de estufa para el calentamiento de los vasos junto a varillas y muestras	163 ± 3 °C
Tiempo de calentamiento	2 horas

Resultados							
Especificación	Peso (g)						
	1	2	3	4	5	6	7
Antes del Calentamiento							
Tara + varilla	111,36	99,31	97,2	98,76	92,5	96,01	111,1
Asfalto	50,69	50,62	50,12	50,14	50,53	50,76	50,53
Antes del Calentamiento							
Tara + varilla + residuo	139,24	127,34	125,85	127,15	120,63	124,7	140,93
Residuo	55,76	56,06	57,3	56,78	56,26	57,38	59,66

Promedio	57,03
-----------------	-------

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS
 PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS
 VIGENTES EN EL ECUADOR

Materiales Bituminosos. Determinación de la penetración

Producto	Emulsión Normal
Especificación	CSS-1h
Método de ensayo	ASTM D5 / INEN 917
Fecha	18/07/2018

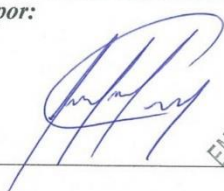
Condiciones del Ensayo	
Temperatura	25,0 ± 0,1°C
Carga	100 ± 0,1g
Tiempo	5s

Especificación Material Bituminoso	
Temperatura muestra	< 60°C
Tiempo enfriamiento	45min a 1,5 horas
Tiempo de conservación	45min a 1,5 horas




Resultados	
Muestra	Penetración (dmm)
1	155
2	215


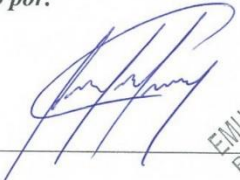

Promedio	185
-----------------	-----


Observaciones: _____

Elaborado por:	Revisado por:
_____	_____
Violeta Chamorro	

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																										
Materiales Bituminosos. Determinación de la ductilidad																											
Producto	<i>Emulsión Normal</i>																										
Especificación	CSS-1h																										
Método de ensayo	ASTM D113 / INEN 916																										
Fecha	20/07/2018																										
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>25,0 ± 0,5 °C</td> </tr> <tr> <td>Velocidad</td> <td>5cm/min ± 5,0 %</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Briqueta de Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura muestra</td> <td>145 °C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo enfriamiento</td> <td>35 ± 5 min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo sumergido</td> <td>35 ± 5 min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de conservación</td> <td>90 ± 5 min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Elongación (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>44</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tbody> <tr> <td>Promedio</td> <td>43,50</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	25,0 ± 0,5 °C	Velocidad	5cm/min ± 5,0 %	Especificación Briqueta de Material Bituminoso		Temperatura muestra	145 °C	Tiempo enfriamiento	35 ± 5 min	Tiempo sumergido	35 ± 5 min	Tiempo de conservación	90 ± 5 min	Resultados		Muestra	Elongación (cm)	1	43	2	44	Promedio	43,50
Condiciones del Ensayo																											
Temperatura	25,0 ± 0,5 °C																										
Velocidad	5cm/min ± 5,0 %																										
Especificación Briqueta de Material Bituminoso																											
Temperatura muestra	145 °C																										
Tiempo enfriamiento	35 ± 5 min																										
Tiempo sumergido	35 ± 5 min																										
Tiempo de conservación	90 ± 5 min																										
Resultados																											
Muestra	Elongación (cm)																										
1	43																										
2	44																										
Promedio	43,50																										
Observaciones: _____ _____																											
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																										

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																						
Materiales Bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento (Método anillo y bola)																							
Producto	<i>Emulsión Normal</i>																						
Especificación	<i>CSS-1h</i>																						
Método de ensayo	<i>ASTM D113 / INEN 915</i>																						
Fecha	<i>20/07/2018</i>																						
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1f5fe;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;"><i>Punto de reblandecimiento</i></td> <td style="text-align: center;"><i>30 a 80 °C</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;"><i>Temperatura agua evaporada</i></td> <td style="text-align: center;"><i>5 ± 1 °C</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1f5fe;">Método de ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;"><i>Profundidad del líquido</i></td> <td style="text-align: center;"><i>105 ± 3 mm</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;"><i>Tasa de incremento de temperatura</i></td> <td style="text-align: center;"><i>5°C/min</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1f5fe;">Resultados</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Muestra</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Punto de reblandecimiento (°C)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>1</i></td> <td style="text-align: center;"><i>45</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>2</i></td> <td style="text-align: center;"><i>46</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Promedio</i></td> <td style="text-align: center;"><i>46</i></td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		<i>Punto de reblandecimiento</i>	<i>30 a 80 °C</i>	<i>Temperatura agua evaporada</i>	<i>5 ± 1 °C</i>	Método de ensayo		<i>Profundidad del líquido</i>	<i>105 ± 3 mm</i>	<i>Tasa de incremento de temperatura</i>	<i>5°C/min</i>	Resultados		<i>Muestra</i>	<i>Punto de reblandecimiento (°C)</i>	<i>1</i>	<i>45</i>	<i>2</i>	<i>46</i>	<i>Promedio</i>	<i>46</i>
Condiciones del Ensayo																							
<i>Punto de reblandecimiento</i>	<i>30 a 80 °C</i>																						
<i>Temperatura agua evaporada</i>	<i>5 ± 1 °C</i>																						
Método de ensayo																							
<i>Profundidad del líquido</i>	<i>105 ± 3 mm</i>																						
<i>Tasa de incremento de temperatura</i>	<i>5°C/min</i>																						
Resultados																							
<i>Muestra</i>	<i>Punto de reblandecimiento (°C)</i>																						
<i>1</i>	<i>45</i>																						
<i>2</i>	<i>46</i>																						
<i>Promedio</i>	<i>46</i>																						
Observaciones: _____ _____																							
Elaborado por: _____ <i>Violeta Chamorro</i>	Revisado por:  																						

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO		UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR				
Caracterización de la emulsión aditivada CSS- 1h						
Procedencia			EMULDEC - EMULPRIMER			
Método de Ensayo			MOP- SUBSECCIÓN 810-4.02 Tabla 810.4.2			
ESPECIFICACIONES	UNIDADES	NORMAS		RANGO ACEPTABLE		CUMPLE / NO CUMPLE
		ASTM	INEN	Min.	Max.	
Viscosidad						
Furol a 25°C	SSF	ASTM D244	INEN 1981	20	100	22,00 <i>CUMPLE</i>
Asentamiento, a los 5 días	%	ASTM D244	INEN 910	-	5	-0,44 <i>CUMPLE</i>
Estabilidad de almacenamiento 24h	%	ASTM D6930	INEN 909	-	1	-2,80 <i>CUMPLE</i>
Capacidad de cubrimiento						
Carga de la partícula		ASTM D244	INEN 908	Positiva		Positiva <i>CUMPLE</i>
Mezcla con cemento	% m/m	ASTM D6935	INEN 904	-	2	0,65 <i>CUMPLE</i>
Ensayo Tamizado	% m/m	ASTM D6933	INEN 906	-	0,1	-0,02 <i>CUMPLE</i>

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773268001

Evaporación						
Residuo	%V	INEN 905	57	-	57	CUMPLE
Ensayos sobre residuos						
Penetración a 25°C, 100g, 5s	1/10 mm	INEN 917	40	90	185.00	NO CUMPLE
Ductilidad a 25°C, 100g, 5cm/min	mm	INEN 916	40	-	43.00	CUMPLE
Punto de reblandecimiento	°C	ASTM D36	INEN 915	REPORTAR	46	CUMPLE

Observaciones:

Elaborado por:




Violeta Chamorro




Revisado por:








EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 179177326607




**ANEXO C.CERTIFICACIONES DE LOS ENSAYOS SOBRE EL ASFALTO
DILUIDO RC-250**




 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																								
Materiales Bituminosos. Viscosidad cinemática a 60°C																									
Producto	Asfalto diluido																								
Especificación	RC-250																								
Método de ensayo	ASTM D2170 / INEN 2515																								
Fecha	23/07/2018																								
<table border="1" data-bbox="502 763 1093 909"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>60 °C</td> </tr> <tr> <td>Velocidad</td> <td>20 (RPM)</td> </tr> <tr> <td>Tiempo</td> <td>20 Min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="481 931 1110 1149"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Viscosidad (cp)</td> <td>472,5</td> </tr> <tr> <td>Torque (%)</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>Densidad relativa (g/mm³)</td> <td>0,95109</td> </tr> <tr> <td>Densidad del Agua (g/mm³)</td> <td>0,000997</td> </tr> <tr> <td>Densidad (g/mm³)</td> <td>0,000948239</td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="612 1173 976 1218" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> $1 \text{ Cp} = 0,001 \text{ Pa s}$ </div> <table border="1" data-bbox="612 1249 976 1335"> <tbody> <tr> <td>Viscosidad (Pas)</td> <td>0,4725</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad (Cst)</td> <td>498,29192</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	60 °C	Velocidad	20 (RPM)	Tiempo	20 Min	Resultados		Viscosidad (cp)	472,5	Torque (%)	65	Densidad relativa (g/mm ³)	0,95109	Densidad del Agua (g/mm ³)	0,000997	Densidad (g/mm ³)	0,000948239	Viscosidad (Pas)	0,4725	Viscosidad (Cst)	498,29192
Condiciones del Ensayo																									
Temperatura	60 °C																								
Velocidad	20 (RPM)																								
Tiempo	20 Min																								
Resultados																									
Viscosidad (cp)	472,5																								
Torque (%)	65																								
Densidad relativa (g/mm ³)	0,95109																								
Densidad del Agua (g/mm ³)	0,000997																								
Densidad (g/mm ³)	0,000948239																								
Viscosidad (Pas)	0,4725																								
Viscosidad (Cst)	498,29192																								
Observaciones: _____																									
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																								




 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																								
Productos derivados del petróleo. Determinación de la viscosidad saybolt																									
Producto	Asfalto diluido																								
Especificación	RC-250																								
Método de ensayo	ASTM D88-07 / INEN 1981																								
Fecha	21/08/2019																								
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>60 °C</td> </tr> <tr> <td>Alcance de la Marca en la copa receptora</td> <td>60 ml</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura muestra</td> <td>50°C</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de la muestra</td> <td>100ml</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de agitado</td> <td>1 minuto</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de sumergido</td> <td>30 minutos</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Tiempo de flujo (s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>220</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td>Viscosidad Saybolt 25° C</td> <td>220,00</td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		Temperatura	60 °C	Alcance de la Marca en la copa receptora	60 ml	Especificación Material Bituminoso		Temperatura muestra	50°C	Cantidad de la muestra	100ml	Tiempo de agitado	1 minuto	Tiempo de sumergido	30 minutos	Resultados		Muestra	Tiempo de flujo (s)	1	220	Viscosidad Saybolt 25° C	220,00
Condiciones del Ensayo																									
Temperatura	60 °C																								
Alcance de la Marca en la copa receptora	60 ml																								
Especificación Material Bituminoso																									
Temperatura muestra	50°C																								
Cantidad de la muestra	100ml																								
Tiempo de agitado	1 minuto																								
Tiempo de sumergido	30 minutos																								
Resultados																									
Muestra	Tiempo de flujo (s)																								
1	220																								
Viscosidad Saybolt 25° C	220,00																								
Observaciones: _____ _____																									
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																								

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																				
Materiales Bituminosos. Determinación del punto de inflamación y fuego en copa abierta Cleveland																					
Producto	Asfalto Diluido																				
Especificación	RC-250																				
Método de ensayo	ASTM D92-12 / INEN 808																				
Fecha	24/07/2019																				
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Punto de Inflamación</td> <td>79 a 400°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de la muestra</td> <td>56°C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cantidad de Material</td> <td>70ml</td> </tr> <tr> <td>Tasa de incremento de la temperatura</td> <td>15 ± 1 °C/min</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Punto de inflamación (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>27</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tbody> <tr> <td>Promedio</td> <td>27</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		Punto de Inflamación	79 a 400°C	Temperatura de la muestra	56°C	Especificación Material Bituminoso		Cantidad de Material	70ml	Tasa de incremento de la temperatura	15 ± 1 °C/min	Resultados		Muestra	Punto de inflamación (°C)	1	27	Promedio	27
Condiciones del Ensayo																					
Punto de Inflamación	79 a 400°C																				
Temperatura de la muestra	56°C																				
Especificación Material Bituminoso																					
Cantidad de Material	70ml																				
Tasa de incremento de la temperatura	15 ± 1 °C/min																				
Resultados																					
Muestra	Punto de inflamación (°C)																				
1	27																				
Promedio	27																				
Observaciones: _____ _____																					
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																				

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																				
Materiales Bituminosos. Ensayo de destilación																					
Producto	Asfalto Diluido																				
Especificación	RC-250																				
Método de ensayo	ASTM D402 / INEN 921																				
Fecha	20/08/2019																				
<table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1f5fe;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Proceso de destilación</i></td> <td style="text-align: center;">360°C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Tiempo en completarse destilación</i></td> <td style="text-align: center;">10 minutos</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1f5fe;">Especificación Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Cantidad de Material</i></td> <td style="text-align: center;">75ml</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Temperatura de asfalto para ensayos sobre residuo</i></td> <td style="text-align: center;">135± 5°C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1f5fe;">Resultados</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Muestra</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Destilado total a 360°C (ml)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">348,6</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Contenido de residuo, %V</i></td> <td style="text-align: center;">74</td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		<i>Proceso de destilación</i>	360°C	<i>Tiempo en completarse destilación</i>	10 minutos	Especificación Material Bituminoso		<i>Cantidad de Material</i>	75ml	<i>Temperatura de asfalto para ensayos sobre residuo</i>	135± 5°C	Resultados		<i>Muestra</i>	<i>Destilado total a 360°C (ml)</i>	1	348,6	<i>Contenido de residuo, %V</i>	74
Condiciones del Ensayo																					
<i>Proceso de destilación</i>	360°C																				
<i>Tiempo en completarse destilación</i>	10 minutos																				
Especificación Material Bituminoso																					
<i>Cantidad de Material</i>	75ml																				
<i>Temperatura de asfalto para ensayos sobre residuo</i>	135± 5°C																				
Resultados																					
<i>Muestra</i>	<i>Destilado total a 360°C (ml)</i>																				
1	348,6																				
<i>Contenido de residuo, %V</i>	74																				
Elaborado por: <hr style="width: 80%; margin-left: 0;"/> Violeta Chamorro	Revisado por:  EMULDEC CIA. LTDA. R.U.C. 1791773268001																				

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																										
Materiales Bituminosos. Determinación de la ductilidad																											
Producto	<i>Asfalto diluido envejecido</i>																										
Especificación	<i>RC-250</i>																										
Método de ensayo	<i>ASTM D113 / INEN 916</i>																										
Fecha	<i>21/08/2019</i>																										
<table border="1" data-bbox="528 763 1066 875"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Temperatura</i></td> <td><i>25,0 ± 0,5 °C</i></td> </tr> <tr> <td><i>Velocidad</i></td> <td><i>5cm/min ± 5,0 %</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="528 902 1066 1081"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Briqueta de Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Temperatura muestra</i></td> <td><i>145 °C</i></td> </tr> <tr> <td><i>Tiempo enfriamiento</i></td> <td><i>35 ± 5 min</i></td> </tr> <tr> <td><i>Tiempo sumergido</i></td> <td><i>35 ± 5 min</i></td> </tr> <tr> <td><i>Tiempo de conservación</i></td> <td><i>90 ± 5 min</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="528 1108 1066 1243"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Muestra</i></td> <td><i>Elongación (cm)</i></td> </tr> <tr> <td><i>1</i></td> <td><i>102</i></td> </tr> <tr> <td><i>2</i></td> <td><i>101</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="528 1270 1066 1314"> <tbody> <tr> <td><i>Promedio</i></td> <td><i>101,50</i></td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		<i>Temperatura</i>	<i>25,0 ± 0,5 °C</i>	<i>Velocidad</i>	<i>5cm/min ± 5,0 %</i>	Especificación Briqueta de Material Bituminoso		<i>Temperatura muestra</i>	<i>145 °C</i>	<i>Tiempo enfriamiento</i>	<i>35 ± 5 min</i>	<i>Tiempo sumergido</i>	<i>35 ± 5 min</i>	<i>Tiempo de conservación</i>	<i>90 ± 5 min</i>	Resultados		<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>	<i>1</i>	<i>102</i>	<i>2</i>	<i>101</i>	<i>Promedio</i>	<i>101,50</i>
Condiciones del Ensayo																											
<i>Temperatura</i>	<i>25,0 ± 0,5 °C</i>																										
<i>Velocidad</i>	<i>5cm/min ± 5,0 %</i>																										
Especificación Briqueta de Material Bituminoso																											
<i>Temperatura muestra</i>	<i>145 °C</i>																										
<i>Tiempo enfriamiento</i>	<i>35 ± 5 min</i>																										
<i>Tiempo sumergido</i>	<i>35 ± 5 min</i>																										
<i>Tiempo de conservación</i>	<i>90 ± 5 min</i>																										
Resultados																											
<i>Muestra</i>	<i>Elongación (cm)</i>																										
<i>1</i>	<i>102</i>																										
<i>2</i>	<i>101</i>																										
<i>Promedio</i>	<i>101,50</i>																										
Observaciones: _____ _____																											
Elaborado por: _____ <i>Violeta Chamorro</i>	Revisado por:  																										

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																										
Materiales Bituminosos. Determinación de la penetración																											
Producto	<i>Asfalto diluido envejecido</i>																										
Especificación	<i>RC-250</i>																										
Método de ensayo	<i>ASTM D5 / INEN 917</i>																										
Fecha	<i>21/08/2019</i>																										
<table border="1" data-bbox="526 761 1069 907"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Temperatura</i></td> <td><i>25,0 ± 0,1°C</i></td> </tr> <tr> <td><i>Carga</i></td> <td><i>100 ± 0,1g</i></td> </tr> <tr> <td><i>Tiempo</i></td> <td><i>5s</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="526 929 1069 1075"> <thead> <tr> <th colspan="2">Especificación Material Bituminoso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Temperatura muestra</i></td> <td><i>< 60°C</i></td> </tr> <tr> <td><i>Tiempo enfriamiento</i></td> <td><i>45min a 1,5 horas</i></td> </tr> <tr> <td><i>Tiempo de conservación</i></td> <td><i>45min a 1,5 horas</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="526 1108 1069 1243"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <th><i>Muestra</i></th> <th><i>Penetración (dmm)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>1</i></td> <td><i>84</i></td> </tr> <tr> <td><i>2</i></td> <td><i>85</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="526 1265 1069 1310"> <tbody> <tr> <td><i>Promedio</i></td> <td><i>84,50</i></td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		<i>Temperatura</i>	<i>25,0 ± 0,1°C</i>	<i>Carga</i>	<i>100 ± 0,1g</i>	<i>Tiempo</i>	<i>5s</i>	Especificación Material Bituminoso		<i>Temperatura muestra</i>	<i>< 60°C</i>	<i>Tiempo enfriamiento</i>	<i>45min a 1,5 horas</i>	<i>Tiempo de conservación</i>	<i>45min a 1,5 horas</i>	Resultados		<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>	<i>1</i>	<i>84</i>	<i>2</i>	<i>85</i>	<i>Promedio</i>	<i>84,50</i>
Condiciones del Ensayo																											
<i>Temperatura</i>	<i>25,0 ± 0,1°C</i>																										
<i>Carga</i>	<i>100 ± 0,1g</i>																										
<i>Tiempo</i>	<i>5s</i>																										
Especificación Material Bituminoso																											
<i>Temperatura muestra</i>	<i>< 60°C</i>																										
<i>Tiempo enfriamiento</i>	<i>45min a 1,5 horas</i>																										
<i>Tiempo de conservación</i>	<i>45min a 1,5 horas</i>																										
Resultados																											
<i>Muestra</i>	<i>Penetración (dmm)</i>																										
<i>1</i>	<i>84</i>																										
<i>2</i>	<i>85</i>																										
<i>Promedio</i>	<i>84,50</i>																										
Observaciones: _____ _____																											
Elaborado por: _____ <i>Violeta Chamorro</i>	Revisado por:  																										

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																	
Materiales Bituminosos. Viscosidad Absoluta a 60°C																		
Producto	<i>Asfalto diluido envejecido</i>																	
Especificación	<i>RC-250</i>																	
Método de ensayo	<i>ASTM D2171 / INEN 2515</i>																	
Fecha	<i>21/08/2019</i>																	
<table border="1" data-bbox="502 763 1094 904"> <thead> <tr> <th colspan="2">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Temperatura</i></td> <td><i>60 °C</i></td> </tr> <tr> <td><i>Velocidad</i></td> <td><i>20 (RPM)</i></td> </tr> <tr> <td><i>Tiempo</i></td> <td><i>20 Min</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="502 931 1094 1039"> <thead> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Viscosidad (cp)</i></td> <td><i>635780</i></td> </tr> <tr> <td><i>Torque (%)</i></td> <td><i>25</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="590 1066 1003 1111"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>1 Cp = 0,001 Pa s</i></td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="590 1144 1003 1189"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Viscosidad (Pas)</i></td> <td style="text-align: center;"><i>635,78</i></td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		<i>Temperatura</i>	<i>60 °C</i>	<i>Velocidad</i>	<i>20 (RPM)</i>	<i>Tiempo</i>	<i>20 Min</i>	Resultados		<i>Viscosidad (cp)</i>	<i>635780</i>	<i>Torque (%)</i>	<i>25</i>	<i>1 Cp = 0,001 Pa s</i>	<i>Viscosidad (Pas)</i>	<i>635,78</i>
Condiciones del Ensayo																		
<i>Temperatura</i>	<i>60 °C</i>																	
<i>Velocidad</i>	<i>20 (RPM)</i>																	
<i>Tiempo</i>	<i>20 Min</i>																	
Resultados																		
<i>Viscosidad (cp)</i>	<i>635780</i>																	
<i>Torque (%)</i>	<i>25</i>																	
<i>1 Cp = 0,001 Pa s</i>																		
<i>Viscosidad (Pas)</i>	<i>635,78</i>																	
Observaciones: _____ _____																		
Elaborado por: _____ <i>Violeta Chamorro</i>	Revisado por:  																	

ESPECIFICACIONES		UNIDADES	NORMAS		RANGO ACEPTABLE		RESULTADOS	CUMPLE / NO CUMPLE
			ASTM	INEN	Min.	Max.		
Betún original								
Viscosidad Cinemática, a 60 °C	cSt	ASTM D2171	INEN 810	250	500	498,29	CUMPLE	
Saybolt- furol a 60 °C	s	ASTM E-102	AASHTO-T-102	125	250	220,00	CUMPLE	
Punto de Inflamación	°C	ASTM D92	INEN 808	27		27	CUMPLE	
Residuos de ensayos de película Fina en horno Rotatorio								
Residuo por destilación	%	ASTM D402-08	INEN 921	REPORTAR		16,13		
Ductilidad a 25°C y 5cm/min	cm	ASTM D113	INEN 916	100	-	101,50	CUMPLE	
Viscosidad Absoluta, a 60 °C	POISE	ASTM D2171	INEN 810	600	2400	635,78	CUMPLE	
Penetración a 25°C, 100g 5 s	dmm	ASTM D5	INEN 917	80	120	85	CUMPLE	

ENLIDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 79177328901



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN
CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR


Caracterización del asfalto diluido RC-250

Procedencia

Naranjo - López

Método de Ensayo

MOP- SUBSECCIÓN 810-3.02 Tabla 810.3.1

<p><i>Observaciones:</i></p>		<p><i>Revisado por:</i></p> 	<p><i>Elaborado por:</i></p> <p>Violeta Chamorro</p>
------------------------------	--	---	--

EMUDECA S.A. LDA.
R.U.C. 19177328001

**ANEXO D. CERTIFICACIONES DE LOS ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO
COMPONENTE DE LA BASE CLASE I**



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES
 ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON
 LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR

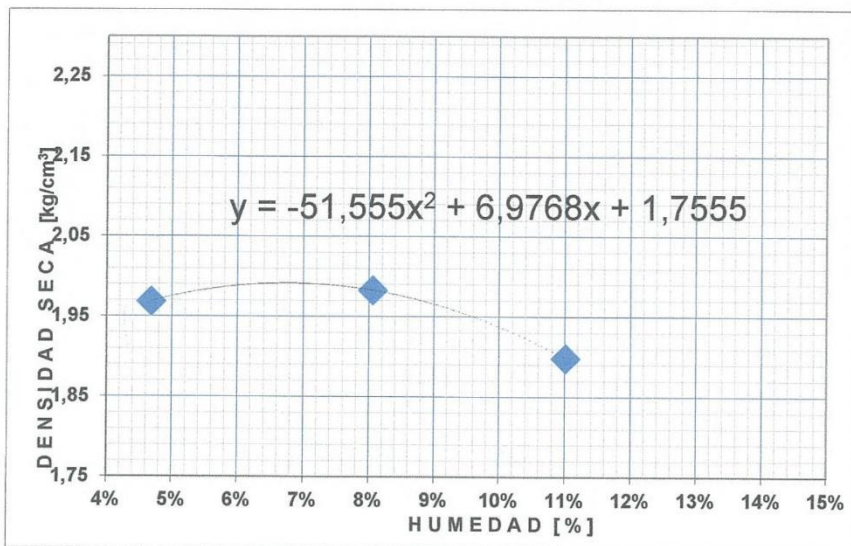
Ensayo de Proctor Modificado de compactación

Procedencia	Mina Naranjo - López
Especificación	Agregado
Método de ensayo	AASHTO T 180-14
Fecha	30/07/2018

No. De Capas	Golpes por capa	Peso de Martillo	Altura Caída	Peso inicial de la muestra
5	56	10lb	18"	7000g

Muestra		1		2		3	
Molde No.							
Agua Aumentada	cc	210		210		210	
	%	3		3		3	
Peso de suelo + molde	A	9901		10070		9998	
Peso del molde	B	5639		5639		5639	
Peso de suelo húmedo	C=A-B	4262		4431		4359	
Volumen del molde	D	2068		2068		2068	
Densidad húmeda	E=C/D	2,061		2,143		2,108	
Tarro No.		12B	3B	4A	3A	11A	7B
Tarro + suelo húmedo	F	76,7	77,56	78,95	80,63	100,21	92,13
Tarro + suelo seco	G	74,1	74,88	74,36	75,99	91,97	84,81
Peso de agua	H=F-G	2,6	2,68	4,59	4,64	8,24	7,32
Peso de tarro	I	18,06	17,95	17,64	18,1	17,81	17,65
Peso de suelo seco	J=G-I	56,04	56,93	56,72	57,89	74,16	67,16
Contenido de agua	K=H/J	4,64%	4,71%	8,09%	8,02%	11,11%	10,90%
Contenido de agua promedio	L	4,67%		8,05%		11,01%	
Densidad seca	M	1,969		1,983		1,899	


EMULDEC CIA. LTDA.
 R.U.C. 1791773263001



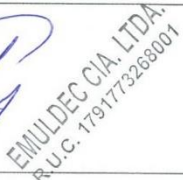



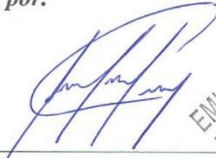

Ecuación	
a	-51,555
b	6,977
c	1,756


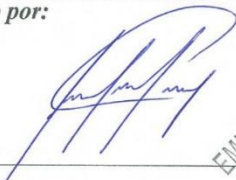

Densidad Máxima	1,9915379	Humedad Óptima	6,77%
-----------------	-----------	----------------	-------




Observaciones: _____




<p>Elaborado por:</p> <p>_____</p> <p>Violeta Chamorro</p>	<p>Revisado por:</p> <p></p> <p>EMULDEC CIA. LTDA. R.U.C. 1791773288001</p>
---	--




 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																										
Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños de 37.5mm (1/2") usando máquina de los Ángeles																											
Procedencia	Mina Naranjo - López																										
Especificación	Agregado																										
Método de ensayo	ASTM C131 / INEN 860																										
Fecha	19/08/2019																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1eef6;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">Velocidad del ensayo</td> <td>188 a 208 rad/minuto</td> </tr> <tr> <td>Tiempo d ensayo</td> <td>500 revoluciones</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1eef6;">Método de ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">Granulometría del ensayo</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>Número de Esferas</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>Masa total (g)</td> <td>4585±25</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e1eef6;">Resultados</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">Descripción</th> <th>Masa (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Masa de la Muestra seca antes del ensayo P1</td> <td>5000</td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca después del ensayo P2</td> <td>3730,6</td> </tr> <tr> <td>% Desgaste = $\frac{P1-P2}{P1} \times 100$</td> <td>25,388</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Coeficiente de Desgaste</td> <td>25</td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		Velocidad del ensayo	188 a 208 rad/minuto	Tiempo d ensayo	500 revoluciones	Método de ensayo		Granulometría del ensayo	B	Número de Esferas	11	Masa total (g)	4585±25	Resultados		Descripción	Masa (g)	Masa de la Muestra seca antes del ensayo P1	5000	Masa de la muestra seca después del ensayo P2	3730,6	% Desgaste = $\frac{P1-P2}{P1} \times 100$	25,388	Coeficiente de Desgaste	25
Condiciones del Ensayo																											
Velocidad del ensayo	188 a 208 rad/minuto																										
Tiempo d ensayo	500 revoluciones																										
Método de ensayo																											
Granulometría del ensayo	B																										
Número de Esferas	11																										
Masa total (g)	4585±25																										
Resultados																											
Descripción	Masa (g)																										
Masa de la Muestra seca antes del ensayo P1	5000																										
Masa de la muestra seca después del ensayo P2	3730,6																										
% Desgaste = $\frac{P1-P2}{P1} \times 100$	25,388																										
Coeficiente de Desgaste	25																										
Observaciones: _____																											
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																										




 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																										
Resistencia al desgaste de los agregados de tamaños de 37.5mm (1/2") usando máquina de los Ángeles																											
Procedencia	Mina Naranjo - López																										
Especificación	Agregado																										
Método de ensayo	ASTM C131 / INEN 860																										
Fecha	19/08/2019																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">Velocidad del ensayo</td> <td style="width: 50%;">188 a 208 rad/minuto</td> </tr> <tr> <td>Tiempo d ensayo</td> <td>500 revoluciones</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Método de ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">Granulometría del ensayo</td> <td style="width: 50%;">D</td> </tr> <tr> <td>Número de Esferas</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Masa total (g)</td> <td>4585±25</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">Descripción</td> <td style="width: 50%;">Masa (g)</td> </tr> <tr> <td>Masa de la Muestra seca antes del ensayo P1</td> <td>5000</td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra seca después del ensayo P2</td> <td>3873,6</td> </tr> <tr> <td>% Desgaste = $\frac{P1-P2}{P1} \times 100$</td> <td>22,528</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Coficiente de Desgaste</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">23</td> </tr> </table>		Condiciones del Ensayo		Velocidad del ensayo	188 a 208 rad/minuto	Tiempo d ensayo	500 revoluciones	Método de ensayo		Granulometría del ensayo	D	Número de Esferas	6	Masa total (g)	4585±25	Resultados		Descripción	Masa (g)	Masa de la Muestra seca antes del ensayo P1	5000	Masa de la muestra seca después del ensayo P2	3873,6	% Desgaste = $\frac{P1-P2}{P1} \times 100$	22,528	Coficiente de Desgaste	23
Condiciones del Ensayo																											
Velocidad del ensayo	188 a 208 rad/minuto																										
Tiempo d ensayo	500 revoluciones																										
Método de ensayo																											
Granulometría del ensayo	D																										
Número de Esferas	6																										
Masa total (g)	4585±25																										
Resultados																											
Descripción	Masa (g)																										
Masa de la Muestra seca antes del ensayo P1	5000																										
Masa de la muestra seca después del ensayo P2	3873,6																										
% Desgaste = $\frac{P1-P2}{P1} \times 100$	22,528																										
Coficiente de Desgaste	23																										
Observaciones: _____																											
Elaborado por: _____ Violeta Chamorro	Revisado por:  																										


 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR		
Determinación del límite líquido. Método casa grande			
Procedencia	Mina Naranjo - López		
Especificación	Agregado		
Método de ensayo	ASTM D423 / INEN 691		
Fecha	08/08/2018		
Condiciones del Ensayo			
Temperatura del ambiente	23°C±3°C		
Método de ensayo			
Agregado de la muestra	pasante tamiz Nro.40		
Cantidad de muestra	250g		
Velocidad manubrio	2 rev/ s		
Resultados			
Tara	1	2	3
Peso de la tara (g)	23,33	25,23	20,14
Peso del suelo húmedo + tara (g)	65,31	66,24	60,27
Peso de suelo seco + tara (g)	59,44	60,16	50,46
Peso de agua (g)	5,87	6,08	9,81
Peso de suelo seco (g)	36,11	34,93	30,32
% de humedad	16,26	17,41	32,36
Número de golpes	15	26	35
Límite líquido (%)	17,49		
Resultados			
Límite líquido (%)	17,49		
Límite plástico (%)	0		
Índice de plasticidad (IP)	0		
Elaborado por:	Revisado por:		
<hr/> Violeta Chamorro	 		

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR												
Determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de sodio o magnesio													
Procedencia	<i>Mina Naranjo - López</i>												
Especificación	<i>Agregado</i>												
Método de ensayo	<i>ASTM C88 / INEN 8663</i>												
Fecha	<i>28/09/2019</i>												
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d9e1f2;">Condiciones del Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Velocidad del ensayo</i></td> <td style="text-align: center;"><i>188 a 208 rad/minuto</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Tiempo d ensayo</i></td> <td style="text-align: center;"><i>500 revoluciones</i></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d9e1f2;">Método de ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Cantidad de muestra por tamiz</i></td> <td style="text-align: center;"><i>100g</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Tamices</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Serie fina</i></td> </tr> </tbody> </table>		Condiciones del Ensayo		<i>Velocidad del ensayo</i>	<i>188 a 208 rad/minuto</i>	<i>Tiempo d ensayo</i>	<i>500 revoluciones</i>	Método de ensayo		<i>Cantidad de muestra por tamiz</i>	<i>100g</i>	<i>Tamices</i>	<i>Serie fina</i>
Condiciones del Ensayo													
<i>Velocidad del ensayo</i>	<i>188 a 208 rad/minuto</i>												
<i>Tiempo d ensayo</i>	<i>500 revoluciones</i>												
Método de ensayo													
<i>Cantidad de muestra por tamiz</i>	<i>100g</i>												
<i>Tamices</i>	<i>Serie fina</i>												
Resultados													
Tamaño de Tamiz	Gradación original muestra (%)	Peso fracciones de ensayo antes de ensayar (g)	Peso fracciones después de ensayar (g)	Porcentaje que pasa después del ensayo (%)	Porcentaje ponderado de la pérdida (%)								
<i>150μm</i>	<i>6</i>												
<i>300μm a 150μm</i>	<i>11</i>												
<i>600μm a 300μm</i>	<i>26</i>	<i>100</i>	<i>75,2</i>	<i>24,8</i>	<i>6,4</i>								
<i>1.18mm a 600μm</i>	<i>25</i>	<i>100</i>	<i>91,8</i>	<i>8,2</i>	<i>2,1</i>								
<i>2.36mm a 1.18mm</i>	<i>17</i>	<i>100</i>	<i>94</i>	<i>6,0</i>	<i>1,0</i>								
<i>4.75mm a 2.36mm</i>	<i>11</i>	<i>100</i>	<i>92</i>	<i>8,0</i>	<i>0,9</i>								
<i>9.5mm a 4.75mm</i>	<i>4</i>		<i>96</i>	<i>11,2</i>	<i>0,4</i>								
<i>Totales</i>	<i>100</i>				<i>10,85</i>								
Elaborado por: <hr style="width: 100%;"/> <i>Violeta Chamorro</i>			Revisado por:  										

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR		
Equivalente de arena de suelos y agregado fino			
Procedencia	Mina Naranjo - López		
Especificación	Agregado		
Método de ensayo	ASTM D2419		
Fecha	30/07/2018		
Condiciones del Ensayo			
Ensayo bajo condiciones estándar			
Método de ensayo			
Tamaño máximo del agregado	4,75mm		
Cantidad de agregado probeta	110g		
Altura llenada de cloruro de calcio	102mm ± 3mm		
Número de ciclos en agitación	90		
Tiempo de reposo muestra humedecida	10min ± 1min		
Tiempo de reposo muestra humedecida después de irrigación	20min ± 15s		
Resultados			
Muestra Nro.	Altura de sedimento (h)	Altura de arena después de introducir el pistón (H)	Equivalente de Arena (%)
1	4,7	3,1	65,96
2	4,1	3,4	82,93
3	4,3	3,4	79,07
4	4,6	3,4	73,91
Promedio			75,47
Elaborado por:		Revisado por:	
<hr/> Violeta Chamorro		 	

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR	
Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso		
Procedencia	Mina Naranjo - López	
Especificación	Agregado	
Método de ensayo	ASTM C127/ INEN 857	
Fecha	01/08/2018	
Método de ensayo		
Tamaño máximo del agregado	Retenido del tamiz Nro.4	
Tiempo de sumergido de la muestra	24h ± 4h	
Temperatura registro de masa aparente	23°C ± 2°C	
Tiempo de secado de la muestra	102mm ± 3mm	
Resultados		
Muestra No.	1	
Peso de la muestra seca (g)	A	4852
Peso del Material S.S.S (g)	B	5000
Peso del material sumergido (g)	C	2980
Peso Específico Seco	A/(B-C)	2,40
Peso Específico Seco promedio	2,40	
Peso Específico S.S.S	B/(B-C)	2,48
Peso Específico Seco promedio	2,48	
Peso Específico Aparente	A/(A-C)	2,59
Peso Específico Aparente Promedio	2,59	
Porcentaje de absorción	(B-A) /A	3,05
Porcentaje de absorción Promedio	3,05	
Elaborado por:	Revisado por:	
<hr/> Violeta Chamorro	 	

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR	
Determinación del peso específico y absorción del agregado fino		
Procedencia	Mina Naranjo - López	
Especificación	Agregado	
Método de ensayo	ASTM C128/ INEN 856	
Fecha	01/08/2018	
Método de ensayo		
Tamaño máximo del agregado	Pasante del tamiz Nro. 4	
Tiempo de sumergido de la muestra	24h ± 4h	
Temperatura registro de masa aparente	23°C ± 2°C	
Tiempo de secado de la muestra	102mm ± 3mm	
Resultados		
Muestra No.	1	
Peso del Picnómetro (g)	154,26	
Peso del Material + Picnómetro	654,26	
Peso del Material S.S.S (g)	W	500
Peso Seco (g)	A	494,93
Peso del Picnómetro + Agua(g)	B	652,74
Peso del Picnómetro + Agua + Material (g)	C	946,86
Peso Específico S.S.S	$W/(B+W-C)$	2,43
Peso Específico S.S.S promedio	2,43	
Peso Específico Seco	$A/(B+W-C)$	2,40
Peso Específico Seco promedio	2,40	
Peso Específico Aparente	$A/(B+A-C)$	2,46
Peso Específico Aparente Promedio	2,46	
Porcentaje de absorción	$(W-A)/A$	1,02
Porcentaje de absorción Promedio	1,02	
Elaborado por:	Revisado por:	
<hr/> Violeta Chamorro	 	

 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR																																					
Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos																																						
Procedencia	Mina Naranjo - López																																					
Especificación	Agregado																																					
Método de ensayo	ASTM C38 / INEN 858																																					
Fecha	06/08/2018																																					
<table border="1" data-bbox="480 853 1114 994"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;"><i>Método de ensayo</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Tamaño máximo del agregado</i></td> <td style="text-align: center;">125mm</td> </tr> <tr> <td><i>Número de capas de agregado</i></td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td><i>Número de varillado</i></td> <td style="text-align: center;">25 golpes</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="480 1025 1114 1424"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;"><i>Resultados</i></th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Descripción</i></th> <th></th> <th style="text-align: center;"><i>Grava</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Masa volumétrico suelto</i></td> <td></td> <td style="text-align: center;">5823</td> </tr> <tr> <td><i>Masa de la Muestra + molde (g)</i></td> <td style="text-align: center;">G</td> <td style="text-align: center;">8027,75</td> </tr> <tr> <td><i>Masa del molde (g)</i></td> <td style="text-align: center;">T</td> <td style="text-align: center;">2204,75</td> </tr> <tr> <td><i>Altura del molde (m)</i></td> <td style="text-align: center;">h</td> <td style="text-align: center;">0,26</td> </tr> <tr> <td><i>Diámetro del molde (m)</i></td> <td style="text-align: center;">d</td> <td style="text-align: center;">0,15</td> </tr> <tr> <td><i>Volumen del molde (m3)</i></td> <td style="text-align: center;">V</td> <td style="text-align: center;">0,00459</td> </tr> <tr> <td>$M = \frac{(G-T)}{V}$ (g/m3)</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1267363,055</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="480 1451 1114 1496"> <tr> <td style="text-align: center;">Peso volumétrico (Kg/m3)</td> <td style="text-align: center;">1267,36</td> </tr> </table>		<i>Método de ensayo</i>		<i>Tamaño máximo del agregado</i>	125mm	<i>Número de capas de agregado</i>	3	<i>Número de varillado</i>	25 golpes	<i>Resultados</i>			<i>Descripción</i>		<i>Grava</i>	<i>Masa volumétrico suelto</i>		5823	<i>Masa de la Muestra + molde (g)</i>	G	8027,75	<i>Masa del molde (g)</i>	T	2204,75	<i>Altura del molde (m)</i>	h	0,26	<i>Diámetro del molde (m)</i>	d	0,15	<i>Volumen del molde (m3)</i>	V	0,00459	$M = \frac{(G-T)}{V}$ (g/m3)		1267363,055	Peso volumétrico (Kg/m3)	1267,36
<i>Método de ensayo</i>																																						
<i>Tamaño máximo del agregado</i>	125mm																																					
<i>Número de capas de agregado</i>	3																																					
<i>Número de varillado</i>	25 golpes																																					
<i>Resultados</i>																																						
<i>Descripción</i>		<i>Grava</i>																																				
<i>Masa volumétrico suelto</i>		5823																																				
<i>Masa de la Muestra + molde (g)</i>	G	8027,75																																				
<i>Masa del molde (g)</i>	T	2204,75																																				
<i>Altura del molde (m)</i>	h	0,26																																				
<i>Diámetro del molde (m)</i>	d	0,15																																				
<i>Volumen del molde (m3)</i>	V	0,00459																																				
$M = \frac{(G-T)}{V}$ (g/m3)		1267363,055																																				
Peso volumétrico (Kg/m3)	1267,36																																					
EMULDEC CIA. LTDA. R.U.C. 1791773268001																																						

<i>Resultados</i>		
<i>Descripción</i>		<i>Grava</i>
<i>Peso específico seco (Kg)</i>	<i>S</i>	4,85200
<i>Peso volumétrico de la muestra (Kg/m3)</i>	<i>M</i>	1267,36
<i>Densidad del agua (Kg/m3)</i>	<i>Da</i>	9980
$\% \text{ Vacíos} = \frac{\{(S \times M)\} - Da}{(S \times Da)}$		7,91

<i>% de Vacíos (%)</i>	7,91
------------------------	------

Observaciones: _____

Elaborado por:

Violeta Chamorro

Revisado por:



EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 1791773288001

Especificaciones		Unidades	MOP-SUBSECCIÓN 814-2.02			Resultados	Cumple/ No cumple
			Norma	Min.	Max.		
Ensayo							
Degradación del Árido Grueso (500 Revoluciones)		%	INEN 860 ASTM C 131	-	40	25	CUMPLE
Índice de Plasticidad (Tamiz Nro.40)			INEN 691	-	6	0	CUMPLE
Limite Líquido		%	INEN 692 ASTM D423	-	25	17,49	CUMPLE
Solidez de los áridos mediante el Uso de sulfato de sodio		%	INEN 863 ASTM C88	-	12	10,85	CUMPLE
Equivalente de arena		%	ASTM D2419	35	-	75,47	CUMPLE
Peso Específico y absorción del agregado grueso		%	AASHTO T176 INEN 867 ASTM C127		REPORTAR	3,05	-
Peso Específico y absorción del agregado fino		%	INEN 856 ASTM C128		REPORTAR	1,02	-
Peso Volumétrico		(Kg/m ³)	INEN 858 ASTM C38		REPORTAR	1267,36	-



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
PROYECTO DE TITULACIÓN INGENIERÍA CIVIL
 CRITERIOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE IMPRIMACIÓN
 CUMPLIENDO CON LAS NORMATIVAS VIGENTES EN EL ECUADOR

Caracterización de los agregados componentes de la base clase I

Procedencia

Mina Naranjo - López

Método de Ensayo

MOP- SUBSECCIÓN 814-2.02

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 179179268001

<p>Observaciones:</p>		<p>Revisado por:</p> 	<p>Elaborado por:</p> <p>Violeta Chamorro</p>
-----------------------	--	--	---

EMULDEC CIA. LTDA.
R.U.C. 159177326001

**ANEXO E. PLANOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO PARA
MEDIR ADHERENCIA ENTRE CAPAS**

