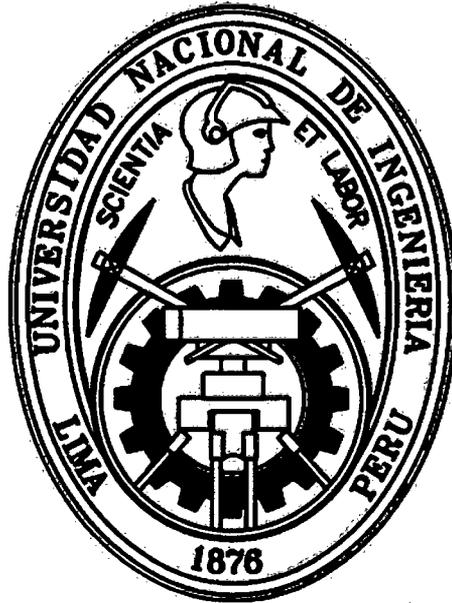


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN EN LABORATORIO DEL DESEMPEÑO DE
MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICROPAVIMENTOS CON
AGREGADOS NATURALES DEL PROYECTO: MANTENIMIENTO
DE CARRETERA INTEROCEÁNICA NORTE**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

LORENA VANESSA ORTIZ PALOMINO

Lima-Perú

2014

Digitalizado por:

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

INDICE

RESUMEN	V
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE SÍMBOLOS Y ACRÓNIMOS	XII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I: MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	1
1.1. DEFINICIÓN.	1
1.2. DAÑOS TÍPICOS EN PAVIMENTOS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA.	2
1.2.1. Fisuras.	2
1.2.2. Daños superficiales.	4
1.3. MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PERIÓDICO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.	4
1.3.1. Mantenimiento rutinario.	4
1.3.2. Mantenimiento periódico.	5
1.4. TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.	5
1.4.1. Materiales empleados en las técnicas de rehabilitación superficial	7
1.4.2. Tipos de técnicas de rehabilitación superficial.	19
CAPÍTULO II: CARRETERA INTEROCEÁNICA NORTE (IIRSA NORTE)	21
2.1. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO EN LOS PAVIMENTOS. CASO DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA NORTE.	21
2.2. DATOS DEL PROYECTO.	22
2.2.1. Antecedentes.	22
2.2.2. Eje Multimodal del Amazonas Norte.	24
2.3. TAREAS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO EN EL EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE.	25
2.4. CANTERAS EMPLEADAS EN EL MANTENIMIENTO RUTINARIO.	30
CAPÍTULO III: MORTEROS ASFÁLTICOS (SLURRY SEAL) Y MICROPAVIMENTOS	31
3.1. MORTEROS ASFÁLTICOS (SLURRY SEAL).	31

3.1.1. Definición.	31
3.1.2. Usos más comunes.	31
3.1.3. Componentes de la mezcla y pruebas de calidad.	33
3.1.4. Ensayos complementarios a componentes de la mezcla.	35
3.1.5. Evaluación en laboratorio.	37
3.2. MICROPAVIMENTO (MICROSURFACING).	65
3.2.1. Definición.	65
3.2.2. Usos más comunes	65
3.2.3. Componentes de la mezcla y pruebas de calidad.	67
3.2.4. Ensayos complementarios a componentes de la mezcla.	70
3.2.5. Evaluación en laboratorio.	71
CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS A EMPLEAR EN LOS DISEÑOS DE MEZCLAS.	77
4.1. RECOLECCIÓN DE AGREGADOS.	77
4.2. CARACTERIZACIÓN EN LABORATORIO DE AGREGADOS.	78
4.3. TRABAJOS REALIZADOS EN AGREGADOS QUE NO CUMPLEN ESPECIFICACIONES.	79
4.4. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS.	79
4.4.1. Cantera Yuracyacu.	80
4.4.2. Cantera Naranjillo.	80
4.4.3. Cantera Vilcaniza.	82
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.	85
5.1 RESULTADOS – ENSAYOS MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL) – CANTERA NARANJILLO.	85
5.1.1. Características de diseño.	85
5.1.2. Proceso de optimización de filler.	85
5.1.3. Proceso de optimización de emulsión.	87
5.1.4. Ensayo de cohesión con la dosificación resultante.	89
5.2 RESULTADOS – ENSAYOS MEZCLA MICROPAVIMENTO – CANTERA NARANJILLO.	90
5.2.1. Características de diseño.	90
5.2.2. Ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSATB139).	91
5.2.3. Proceso de optimización de emulsión.	92

5.3	RESULTADOS – ENSAYOS MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL) – CANTERA VILCANIZA.	94
5.3.1.	Características de diseño.	94
5.3.2.	Proceso de optimización de filler.	95
5.3.3.	Proceso de optimización de emulsión.	96
5.3.4.	Ensayo de cohesión con la dosificación resultante.	98
5.4	RESULTADOS – ENSAYOS MEZCLA MICROPAVIMENTO – CANTERA VILCANIZA.	99
5.4.1.	Características de diseño.	99
5.4.2.	Ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSATB139).	99
5.4.3.	Proceso de optimización de emulsión.	100
5.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	102
5.5.1.	Ejemplo comparativo de un mismo tipo de mezcla al emplear emulsión convencional y emulsión modificada con polímeros.	102
5.5.2.	Comparaciones para un mismo tipo de mezcla al emplear diferentes agregados.	110
CAPÍTULO VI: CONTRIBUCIÓN DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICROPAVIMENTOS A LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN PAVIMENTOS		125
6.1	FACTORES QUE AFECTAN LA ADHERENCIA DEL NEUMÁTICO AL PAVIMENTO.	126
6.1.1.	Influencia de la microtextura y macrotextura en la adherencia.	126
6.2	APORTE DE LOS MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICROPAVIMENTOS EN LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.	131
6.2.1.	Influencia de los tipos de granulometría de morteros asfálticos y micropavimentos.	131
6.3	ENSAYOS PARA EVALUAR LA MACROTEXTURA Y MICROTEXTURA DE UN PAVIMENTO.	133
6.3.1.	Especificación de indicadores.	133
6.3.2.	Equipos y especificaciones de ensayos.	134
6.4	EVALUACIÓN EN LOS PAVIMENTOS PERUANOS.	136
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		138
7.1	Conclusiones.	138

7.2	Recomendaciones.	141
-----	------------------	-----

	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	144
--	---------------------------------	------------

ANEXOS

ANEXO A – CALIDAD DE AGREGADOS

ANEXO B – MORTERO ASFÁLTICO CANTERA NARANJILLO

ANEXO C – MICROPAVIMENTO CANTERA NARANJILLO

ANEXO D – MORTERO ASFÁLTICO CANTERA VILCANIZA

ANEXO E – MICROPAVIMENTO CANTERA VILCANIZA

ANEXO F – ENSAYO MORTERO ASFÁLTICO CON EMULSIÓN
CONVENCIONAL Y EMULSIÓN MODIFICADA

ANEXO G – NORMAS ISSA

RESUMEN

La presente tesis se enfoca en el diseño de mezclas de los morteros asfálticos y micropavimentos y el análisis de sus desempeños en laboratorio.

Es importante contar con el marco teórico donde se enmarcan estos diseños de mezclas, el mantenimiento de carreteras, por ello en el primer capítulo de esta investigación se muestran los conceptos y lineamientos principales de este tema. Cabe resaltar que es conocido por muchas compañías y empresas que estas mezclas han brindado excelentes resultados en diversos países del mundo y es de allí que nace este trabajo, ya que el consorcio encargado de realizar el mantenimiento rutinario de la carretera Interoceánica Norte (IIRSA NORTE), en miras de extender sus alcances, decide brindar el apoyo económico para la realización de esta tesis.

En el segundo capítulo se describe el entorno y objetivos principales del proyecto que será beneficiado con la investigación y el tercer capítulo se dedica a las dos mezclas materia de análisis, los morteros asfálticos y los micropavimentos, técnicas de alto rendimiento en la pavimentación. En los capítulos cuatro y cinco se presentan la caracterización de los agregados naturales y los resultados de los ensayos más relevantes en el diseño de estas mezclas. Los ensayos requeridos para el diseño dan muestra del posible desempeño de estas mezclas en el campo, por ello, en el capítulo cinco se analizan los resultados obtenidos para cada tipo de agregado seleccionado. Los análisis, resultados y metodología de diseño asistirán a los interesados ofreciendo una opción adicional, al seleccionar el tipo de técnica para la rehabilitación de superficies, que cumplan tanto como con el presupuesto así como con los criterios de rendimiento en sus proyectos.

Finalmente se dedica un capítulo a una de las propiedades funcionales más importantes, desde el punto de vista de la seguridad, la resistencia al deslizamiento, la cual está dentro de los campos de acción más importantes de las mezclas morteros asfálticos y micropavimentos. Esta propiedad es sumamente importante para la zona en estudio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Fisura transversal en pavimento asfáltico.	2
Figura 1.2	Fisura longitudinal en pavimento asfáltico.	3
Figura 1.3	Identificación de las emulsiones asfálticas	14
Figura 2.1	Tramos del Eje Multimodal Amazonas Norte	25
Figura 2.2	División de carretera IIRSA Norte para mantenimiento rutinario	27
Figura 2.3	Niveles Altitudinales Tramo Tarapoto-Rioja	28
Figura 2.4	Ubicación de canteras a emplear en el mantenimiento rutinario.	30
Figura 3.1	Cantidad de agregado para ensayo Tiempo de mezcla.	39
Figura 3.2	Agua para ensayo Tiempo de mezcla.	40
Figura 3.3	Adición de emulsión-Ensayo Tiempo de mezcla.	40
Figura 3.4	Mezcla de los componentes y medición del tiempo trabajable de la mezcla.	40
Figura 3.5	Cono y base escalada para ensayo de Consistencia del mortero asfáltico.	41
Figura 3.6	Colocación del mortero en el cono del ensayo de Consistencia.	42
Figura 3.7	Ejemplo en laboratorio. Contenido de agua muy bajo, la mezcla no fluye.	42
Figura 3.8	Ejemplo en laboratorio. Porcentaje de agua utilizado produce un flujo óptimo de la mezcla. Poco menos de 3cm.	43
Figura 3.9	Preparación de especímenes para ensayo de Cohesión en Húmedo	44
Figura 3.10	Equipo para ensayo de Cohesión en Húmedo.	44
Figura 3.11	Presión aplicada al espécimen.	45
Figura 3.12	Presión aplicada al espécimen empleando torquímetro.	45
Figura 3.13	Presión aplicada al espécimen en el equipo de cohesión.	45
Figura 3.14	Dimensiones del espécimen de ensayo de Rueda Cargada	47
Figura 3.15	Preparación del espécimen de ensayo de Rueda Cargada	47
Figura 3.16	Especímen de ensayo de Rueda Cargada	47
Figura 3.17	Especímenes de ensayo Rueda Cargada. Variación contenido de emulsión	48
Figura 3.18	Curado en estufa de especímenes de ensayo Rueda Cargada	48
Figura 3.19	Equipo de Rueda Cargada	49
Figura 3.20	Fijación del espécimen al equipo.	49
Figura 3.21	Especímen sometido a carga de 57kg en 1000 ciclos.	49
Figura 3.22	Especímen sometido a carga de 57kg en 1000 ciclos.	50
Figura 3.23	Medir el peso de los especímenes.	50

Figura 3.24	Colocación de arena de Ottawa a 82°C.	51
Figura 3.25	Colocación de cubierta metálica	51
Figura 3.26	Limpieza de la muestra.	51
Figura 3.27	Muestra curada llevada a fuego.	52
Figura 3.28	Escurrimiento del agua de la muestra.	53
Figura 3.29	Dimensiones de la muestra para ensayo de abrasión en húmedo.	54
Figura 3.30	Preparación de la muestra. Llenado de moldes de ensayo de Abrasión en húmedo	54
Figura 3.31	Curado de la muestra para ensayo de Abrasión en húmedo.	55
Figura 3.32	Peso de la muestra para ensayo de Abrasión en húmedo.	55
Figura 3.33	Saturación de la muestra	56
Figura 3.34	Equipo de Abrasión en húmedo. Cabezal (forma de T invertida) con cilindro de goma dura.	56
Figura 3.35	Ensayo de Abrasión en húmedo.	57
Figura 3.36	Muestras para el proceso de optimización de filler.	59
Figura 3.37	Grafica para hallar asfalto teórico (AT) en morteros.	61
Figura 3.38	Gráficas de resultados de ensayos de Abrasión en Húmedo (WTAT) y de Rueda cargada (LWT)	63
Figura 3.39	Superposición de gráficas de ensayos de Abrasión en Húmedo (WTAT) y de Rueda cargada (LWT).	63
Figura 4.1	Granulometría agregado triturado de cantera Naranjillo-Huso Tipo II.	81
Figura 4.2	Granulometría agregado triturado de cantera Vilcaniza-Huso Tipo II.	83
Figura 5.1	Comprobación de curado de la mezcla.	86
Figura 5.2	Gráfico de Torque (Ensayo de Cohesión en Húmedo - ISSA TB 139) vs Contenido de filler. Proceso de optimización de filler en mezcla de mortero asfáltico	87
Figura 5.3	Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezclas de mortero asfáltico.	89
Figura 5.4	Gráfica de resultado del ensayo Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de mortero asfáltico de dosificación óptima.	90
Figura 5.5	Gráfica de resultado del ensayo Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de micropavimento.	92
Figura 5.6	Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de micropavimento.	94
Figura 5.7	Gráfico de Torque (Ensayo de Cohesión en Húmedo - ISSA TB 139) vs Contenido de filler. Proceso de optimización de filler en mezcla de mortero asfáltico	96
Figura 5.8	Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezclas de mortero asfáltico	97
Figura 5.9	Gráfica de resultado del ensayo Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de mortero asfáltico de dosificación	98

óptima.

Figura 5.10	Gráfica de resultado del ensayo Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de micropavimento.	100
Figura 5.11	Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de micropavimento.	101
Figura 5.12	Espécimen de ensayo LWT-Mortero asfáltico convencional.	106
Figura 5.13	Espécimen de ensayo WTAT-Mortero asfáltico convencional.	106
Figura 5.14	Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de mortero asfáltico modificado con polímeros.	108
Figura 5.15	Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) para mezclas de mortero asfáltico con agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza	118
Figura 5.16	Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Rueda Cargada (LWT) para mezclas de mortero asfáltico con agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza	120
Figura 5.17	Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) para micropavimentos con agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza	123
Figura 5.18	Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Rueda Cargada (LWT) para micropavimentos con agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza	123
Figura 6.1	Longitud de onda y amplitudes correspondientes a las distintas clases de textura.	129
Figura 6.2	Tipos de textura en un pavimento	130
Figura 6.3	Términos utilizados en la textura superficial	130

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1	Tiempo de rotura de Emulsiones Asfálticas	13
Tabla 1.2	Uso de emulsiones asfálticas aniónicas en aplicaciones de asfalto y agregado	19
Tabla 1.3	Uso de emulsiones asfálticas catiónicas en aplicaciones de asfalto y agregado	19
Tabla 2.1	Ejes de Integración sudamericanos y peruanos.	23
Tabla 2.2	Tramos del Eje Multimodal Amazonas Norte	25
Tabla 2.3	División de carretera IIRSA Norte para realizar el mantenimiento rutinario	26
Tabla 3.1	Tasa de aplicación de morteros asfálticos	32
Tabla 3.2	Pruebas de Calidad de la Emulsión Asfáltica	33
Tabla 3.3	Pruebas de Calidad en agregados	34
Tabla 3.4	Granulometría de agregados-Morteros asfálticos	34
Tabla 3.5	Ensayos para mezclas de mortero asfáltico	37
Tabla 3.6	Límites de los materiales componentes del mortero asfáltico	38
Tabla 3.7	Tasas de aplicación para micropavimentos	67
Tabla 3.8	Pruebas de calidad para emulsiones a emplear en micropavimentos	68
Tabla 3.9	Pruebas de calidad para emulsiones a emplear en micropavimentos	68
Tabla 3.10	Pruebas de calidad en agregados a emplear en micropavimentos	69
Tabla 3.11	Husos granulométricos para micropavimentos	69
Tabla 3.12	Ensayos para diseño de mezcla de micropavimentos	71
Tabla 3.13	Límites de ensayos para diseño de mezcla de micropavimentos	72
Tabla 3.14	Límites de los materiales componentes del micropavimento	73
Tabla 4.1	Volumen y Tipo de tráfico.	78
Tabla 4.2	Resultado de ensayo de resistencia a la abrasión-Cantera Yuracyacu.	80
Tabla 4.3	Resultado de ensayo de granulometría al material natural y triturado de la Cantera Naranjillo.	81
Tabla 4.4	Resultado de ensayos Resistencia a la Abrasión, Equivalente Arena y Durabilidad al material natural y triturado de Cantera Naranjillo.	82
Tabla 4.5	Resultado de ensayo complementario. Valor de Azul de Metileno de material natural y triturado de Cantera Naranjillo	82
Tabla 4.6	Resultado de ensayo de granulometría al material natural y triturado de la Cantera Vilcaniza.	83
Tabla 4.7	Resultado de ensayos Resistencia a la Abrasión, Equivalente Arena y Durabilidad al material natural y triturado de Cantera Vilcaniza.	84
Tabla 4.8	Resultado de ensayo complementario. Valor de Azul de Metileno de material natural y triturado de Cantera Vilcaniza	84

Tabla 5.1	Resultados del ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) para proceso de optimización de filler en mezcla de mortero asfáltico	86
Tabla 5.2	Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de mortero asfáltico.	88
Tabla 5.3	Resultados de ensayos Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezclas de mortero asfáltico de dosificación óptima	89
Tabla 5.4	Resultados de ensayos Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de micropavimento.	91
Tabla 5.5	Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de micropavimento.	93
Tabla 5.6	Resultados del ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) para proceso de optimización de filler en mezcla de mortero asfáltico.	95
Tabla 5.7	Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de mortero asfáltico.	96
Tabla 5.8	Resultados de ensayos Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezclas de mortero asfáltico de dosificación óptima.	98
Tabla 5.9	Resultados de ensayos Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de micropavimento.	99
Tabla 5.10	Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de micropavimento.	101
Tabla 5.11	Granulometría de agregado seleccionado en cantera de Lima	103
Tabla 5.12	Resultados de ensayos Equivalente Arena, Valor de Azul de Metileno y Peso Unitario suelto. Agregado seleccionado en cantera de Lima	103
Tabla 5.13	Características de emulsión asfáltica convencional empleada en diseño de mortero asfáltico	104
Tabla 5.14	Características de emulsión asfáltica modificada con polímero empleada en diseño de mortero asfáltico	104
Tabla 5.15	Características del agua a emplear en las mezclas de morteros asfálticos con emulsión asfáltica convencional y con emulsión modificada con polímero.	104
Tabla 5.16	Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de mortero asfáltico de emulsión convecional	105
Tabla 5.17	Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de mortero asfáltico de emulsión modificada con polímeros.	108
Tabla 5.18	Comparación de diseños de mezcla de mortero asfáltico con agregado triturado de las canteras Naranjillo y Vilcaniza	111
Tabla 5.19	Características de emulsiones empleadas en morteros asfálticos-cantera Naranjillo y cantera Vilcaniza:	113
Tabla 5.20	Comparación de cohesión en mezclas de mortero asfáltico de canteras Naranjillo y Vilcaniza.	113
Tabla 5.21	Comparación de cantidad de agua a emplear en mezclas de mortero asfáltico de canteras Naranjillo y Vilcaniza	114
Tabla 5.22	Comparación de abrasión en agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza.	117
Tabla 5.23	Comparación de diseños de mezcla micropavimento con agregado triturado de las canteras Naranjillo y Vilcaniza.	121
Tabla 6.1	Causas de poca resistencia al deslizamiento	125

Tabla 6.2	Longitud de onda y amplitudes correspondientes a las distintas clases de textura	127
Tabla 6.3	Indicadores de textura y fricción	134
Tabla 6.4	Equipos de medición de textura	135

LISTA DE SIMBOLOS Y ACRÓNIMOS

AASHTO	Sociedad Americana de de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials)
ASTM	Sociedad Americana de Ensayo de Materiales (American Standard Testing Materials).
AT	Asfalto Teórico.
°C	Grados centígrados
CQS	Emulsión catiónica de rotura controlada
CSS	Emulsión catiónica de rotura lenta
EAT	Emulsión asfáltica teórica
EG-2000	Especificaciones Generales para Carreteras
°F	Grados Fahrenheit
gr	Gramos.
g/ft ²	Gramos por pie cuadrado.
g/lt	Gramos sobre litros
g/m ²	Gramos por metro cuadrado.
Hz	hertz
IIRSA	Integración de Infraestructura Regional Sudamericana
ISSA	Asociación Internacional de recubrimientos de mortero asfáltico (International Slurry Surfacing Association)
kg	Kilogramos.
Kg-cm	Kilogramos por centímetro.
kg/m ²	Kilogramos por metro cuadrado.
km	Kilómetros
Km/h	Kilómetros por hora
KPA	Kilo pascal
l/m ²	Litros sobre metro cuadrado
l/yd ²	Libras por yardas cuadradas.
LWT	Ensayo de Rueda Cargada(Excess Asphalt by LWT Sand Adhesión)
m	Metros.
Máx.	Máximo
mg	miligramos
Min.	minuto
mg/g	Miligramos por gramo.
mm	Milímetros.
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
MS	Rotura Media (Medium-setting)
M.T.C.	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MgSO ₄	Sulfato de magnesio.
Na ₂ SO ₄	Sulfato de sodio

N.T.P.	Norma Técnica Peruana.
pH	Potencial de hidrogeno.
ppm	Partes por millón
PSI	Libra por pulgada cuadrada.
QS	Rotura Controlada (Quick-setting)
RA	Residuo asfáltico
RS	Rotura Rápida (Rapid-setting)
SBR	Polímero estireno Butadieno
SE	Superficie específica.
seg	segundos
SS	Rotura Lenta (Slow-setting)
WTAT	Ensayo de Perdida de Abrasión en Húmedo (Wet-Track Abrasion Loss, One-hour Soak)

INTRODUCCIÓN

Normalmente, al proyectar un pavimento suele prestarse gran atención a su función estructural y no tanta a su aspecto funcional. Sin embargo, esta característica del pavimento es fundamental. El mantenimiento preventivo y las técnicas de rehabilitación superficial pueden preservar y mejorar las condiciones funcionales, éstas ofrecen soluciones de bajo costo inicial y mejoran el rendimiento total del pavimento. Estas técnicas deben ser consideradas por ingenieros y gerentes cuando seleccionen una estrategia para cumplir tanto con las necesidades presupuestarias, como con los criterios de rendimiento. Obviamente, para poder definirse entre una u otra estrategia se debe contar con indicadores cualitativos y cuantitativos que ayuden a diferenciar las propiedades de cada alternativa entre ellas mismas y así, para algún requerimiento determinado, se tenga un panorama claro de las ventajas que se tienen al emplear una u otra alternativa.

En el país existen técnicas que han sido empleadas con muy buenos resultados, como el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) aplicado en diferentes obras del país y otras técnicas que no se sabe con exactitud si se emplearon correctamente o si tuvieron un plan de calidad serio, que incluyan diseños y especificaciones técnicas propias, dentro de ellas los micropavimentos por ejemplo. Micropavimentos es una técnica que ha venido dando buenos resultados en los EEUU y desde hace algunos años en países de América Latina, lo cual hace ya interesante investigar sobre ella o, más aún, emplearla en tramos de prueba para tener mayor alcance de su comportamiento y propiedades.

En general, ante los distintos tipos de deterioro se podrían formular diversas alternativas para dar adecuados tratamientos, pero el momento clave es la toma de decisión de que alternativa estratégica emplear para el mantenimiento; es por eso que tener guías que ayuden en la elección se hace importante.

CAPÍTULO I

MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

1.1. DEFINICIÓN

El mantenimiento es la conservación y recuperación de una carretera en su condición original de construcción o en su condición subsiguientemente mejorada, y debe hacerse con el mínimo gasto e interrupción del tráfico. El mantenimiento preserva la superficie del pavimento y previene el desgaste acelerado.

Es decir, las fisuras, baches, depresiones y otros tipos de fallas son la evidencia visible del desgaste del pavimento. Detectar a tiempo y reparar los defectos menores es, sin lugar a dudas, el trabajo más importante realizado por los equipos de mantenimiento. Las fisuras y otras fallas superficiales en los primeros estados son casi imperceptibles pero pueden convertirse en serios defectos si no son reparadas rápidamente.

Es por ello que el trabajo más importante del mantenimiento es detectar a tiempo las fallas, hacer una investigación detallada para determinar qué clase de reparación necesitan y realizarlas tan pronto como sea posible.

Los tratamientos a emplear en las reparaciones deben tomar en cuenta su costo/beneficio en base a la vida útil restante del pavimento y el presupuesto disponible.

La efectividad y puntualidad en el mantenimiento de pavimentos nos permiten aumentar la durabilidad de las carpetas de rodamiento a un menor costo. Lo fundamental es utilizar en cada caso la técnica y material más efectivo para lograr el mayor rendimiento a lo largo del tiempo. El mantenimiento no debe considerarse como un recurso temporario, sino como una inversión en la estructura del pavimento y una garantía contra una renovación costosa del mismo.

1.2. DAÑOS TÍPICOS EN PAVIMENTOS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

Los daños que generalmente se presentan en una estructura de pavimento flexible pueden ser clasificados en cuatro categorías:

- Fisuras
- Deformaciones
- Pérdida de capas estructurales
- Daños superficiales

Dentro de cada una existen diferentes deterioros originados por diversos factores. A continuación se presenta una breve definición de algunos deterioros que pueden ser resueltos por las mezclas de morteros asfálticos, las posibles causas de estos deterioros y sus evoluciones probables, todo ello acompañado de un registro fotográfico que permite tener una idea más clara de los daños que se pueden encontrar durante una inspección visual típica.

1.2.1. Fisuras

Fisuras longitudinales y transversales. Discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. Si la falla se encuentra en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.

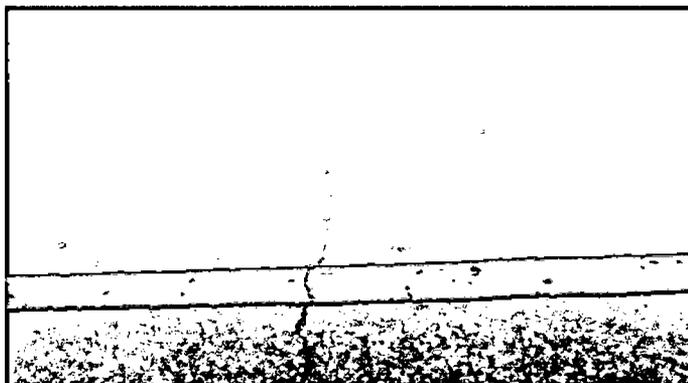


Figura 1.1: Fisura transversal en pavimento asfáltico



Figura 1.2: Fisura longitudinal en pavimento asfáltico

Causas:

A ambos tipos de fisuras:

- Rigidización de mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad por exceso de filler, o al envejecimiento asfáltico, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30)
- Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas de concreto hidráulico adyacentes.

A fisuras longitudinales:

- Fatiga de la estructura, usualmente se presenta en las huellas del tránsito.

A fisuras transversales:

- Pueden corresponder a zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante.
- Riego de liga insuficiente o ausencia total
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura.

Evolución probable:

Piel de cocodrilo, desintegración, descascaramientos, asentamientos longitudinales o transversales (por el ingreso del agua), fisuras en bloque.

1.2.2. Daños superficiales

Desgaste superficial. Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del tránsito.

Causas:

El desgaste superficial generalmente es un deterioro natural del pavimento, aunque si se presenta con severidades medias o altas a edades tempranas puede estar asociado a un endurecimiento significativo del asfalto. Puede generarse también por las siguientes causas:

- Falta de adherencia del asfalto con los agregados.
- Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla.
- Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito.

Evolución probable:

Pérdida de agregado.

1.3. MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PERIÓDICO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

1.3.1. Mantenimiento rutinario

El mantenimiento rutinario o conservación rutinaria es el conjunto de actividades que se ejecutan permanentemente a lo largo del camino, una vez construida, mejorada o rehabilitada una carretera. Estos trabajos se realizan diariamente en diferentes tramos de la vía.

Tiene como finalidad principal la preservación de todos los elementos del camino con la mínima cantidad de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de la construcción o la rehabilitación. Debe ser de carácter preventivo y se incluyen en este mantenimiento, las actividades de limpieza de las obras de drenaje, el corte de la vegetación y las reparaciones de los defectos puntuales de la plataforma, entre otras. En los sistemas tercerizados de mantenimiento vial, también se incluyen actividades socio-ambientales, de atención de emergencias viales menores y de cuidado y vigilancia de la vía.¹

1.3.2. Mantenimiento periódico

Es el conjunto de actividades que se ejecutan cada determinados períodos de tiempo, con la finalidad de reconfigurar y restablecer las características técnicas de la superficie de rodadura, en general tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de preservar las características superficiales, de conservar la integridad estructural de la vía y sus obras de arte, y de corregir algunos defectos puntuales mayores. Ejemplos de este mantenimiento son la reconfiguración de la plataforma existente en vías afirmadas y las reparaciones de los diferentes elementos físicos del camino.

1.4. TECNICAS DE REHABILITACIÓN SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Tratamiento asfáltico de superficie es un término amplio que engloba varios tipos de aplicación con asfalto y asfalto-agregado y aplicado a cualquier tipo de superficie de camino. Adecuadamente contruidos, los tratamientos asfálticos de superficie son económicos, fáciles de colocar y de larga duración. Todos ellos sellan y agregan años de servicio a las superficies de los caminos; pero cada uno de ellos tiene uno o más propósitos especiales. Un tratamiento de superficie no es en sí mismo un pavimento. Es principalmente una técnica de mantenimiento económicamente efectiva para prolongar la vida de servicio del pavimento.

¹ MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES DEL PERÚ; "ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, 2007. Pág. 20

Resiste la abrasión del tráfico y provee impermeabilización para la estructura inferior. Un tratamiento de superficie agrega poca resistencia estructural y, por lo tanto, normalmente no se lo toma en cuenta al determinar la capacidad estructural del pavimento.

Si bien, empleado correctamente, un tratamiento de superficie puede proveer una excelente superficie resistente al deslizamiento, no es una panacea para todos los problemas del pavimento.

Para obtener los mejores resultados, es esencial una clara comprensión de las ventajas y limitaciones de los tratamientos de superficie con emulsiones asfálticas. La intensidad del tráfico, las condiciones del pavimento existente, la estructura del pavimento existente, las condiciones climáticas y los materiales disponibles deberían tenerse en consideración al elegir un tratamiento de superficie.

Usos de tratamientos superficiales:

Los tratamientos superficiales se usan principalmente para:

- Proveer una superficie económica, para todo tipo de climas, para tráfico liviano a mediano. Cuando se emplean emulsiones modificadas con polímeros y agregados de alta calidad, los tratamientos de superficie pueden utilizarse en aplicaciones para mayores volúmenes de tráfico.
- Provee barrera impermeable que frena el ingreso de humedad en los materiales subyacentes.
- Provee una superficie resistente al deslizamiento. Aquellos pavimentos que se han tornado resbaladizos debido a la exudación del asfalto (bleeding) y desgaste y pulimiento de los agregados pueden ser tratados con agregados resistentes y angulosos para devolver la resistencia al deslizamiento.
- Dar nueva vida a una superficie intemperizada. La serviciabilidad de un pavimento afectado por el intemperismo, por desprendimientos, puede ser restaurada mediante la aplicación de un tratamiento de superficie simple o múltiple.
- Proveer una capa temporal para una nueva base. El tratamiento de superficie es una cubierta apropiada para una nueva base a utilizarse

durante el invierno o para construcción planeada en etapas. El tratamiento de superficie es una excelente superficie temporal hasta que las capas finales de asfalto son colocadas.

- Recuperan viejos pavimentos deteriorados por envejecimiento y fisuración térmica o por excesivas tensiones. Si bien aporta poca o ninguna resistencia estructural, un tratamiento de superficie puede preservar la capacidad estructural existente al impermeabilizar y servir como medida adecuada para detener el proceso de fisuración hasta que una rehabilitación más permanente del pavimento pueda ser completada.

Los tratamientos de superficie no se diseñan para corregir un pavimento estructuralmente deficiente.

1.4.1. Materiales empleados en las técnicas de rehabilitación superficial

1.4.1.1. Emulsión asfáltica

Es una emulsión de cemento asfáltico y agua que contiene una pequeña cantidad de un agente emulsificante. Es un sistema heterogéneo en las cuales el agua forma la fase continua de la emulsión y las partículas diminutas de asfalto la fase discontinua. El agua y el asfalto son mezclados en condiciones cuidadosamente controladas, utilizando equipos de alta especialización y aditivos químicos.

En algunas ocasiones, la emulsión puede contener otros aditivos, como estabilizantes, mejoradores de recubrimiento, mejoradores de adherencia, o agentes de control de rotura.

El asfalto es el elemento básico de la emulsión asfáltica y, en la mayoría de los casos, constituye entre un 50% y un 75% de la emulsión.

El agua es el segundo componente en una emulsión asfáltica. Su condición a las propiedades deseadas del producto final no puede ser minimizada. El uso de aguas impuras puede resultar en un desequilibrio en los componentes de la emulsión, lo que puede afectar en forma adversa la performance.

El agente emulsivo es, de los componentes individuales de la emulsión asfáltica el más importante, mantiene las gotitas de asfalto en suspensión estable y controla el tiempo de rotura. Es también el factor determinante en la clasificación de las emulsiones asfálticas como aniónicas, partículas de asfalto cargados electronegativamente, o catiónicas, tipos de partículas de asfalto cargados electropositivamente o no iónicas, siendo las emulsiones asfálticas catiónicas y las emulsiones asfálticas aniónicas las más utilizadas en la construcción y mantenimiento de carreteras.

Cuando el asfalto es mecánicamente separado en partículas microscópicas y es dispersado en agua con un agente emulsivo, se convierte en una emulsión asfáltica. Las pequeñísimas gotas de asfalto se mantienen uniformemente dispersas en la emulsión hasta el momento en que ésta es utilizada. En el estado de emulsión, las moléculas del agente emulsivo se orientan rodeando a las gotitas de asfalto. La naturaleza química del sistema emulsivo/asfalto/agua determina las características de la dispersión y la estabilidad de la suspensión.

El objetivo es lograr una dispersión estable del cemento asfáltico en el agua-suficientemente estable para ser bombeada, almacenada, durante tiempo prolongado, y mezclada.

a) Rotura y curado:

Rotura: Para que la emulsión asfáltica cumpla su objetivo final, esto es, actúe como ligante, al agua debe separarse de la fase asfáltica y evaporarse. Esta separación se denomina "rotura". Para tratamientos de superficie y sellados, las emulsiones están formuladas para romper químicamente al entrar en contacto con una sustancia extraña como el agregado o la superficie de un pavimento. En el caso de emulsiones catiónicas y aniónicas de roturas rápida y media, la disposición inicial de las gotitas de emulsión asfáltica sobre el agregado tiene lugar por medio de fenómenos electroquímicos.

Para emulsiones de rotura lenta, el mecanismo es la evaporación de agua. Para el caso de mezclas densas, se requiere más tiempo para permitir el mezclado y la compactación. Consecuentemente, las emulsiones utilizadas en mezclas se diseñan para una rotura retardada. Una emulsión de rotura rápida tendrá un corto tiempo de rotura (entre uno y cinco minutos luego de aplicada), mientras que emulsiones de rotura media o rotura lenta un tiempo considerablemente mayor.

La velocidad de rotura está controlada básicamente por el tipo específico y la concentración del agente emulsivo. Sin embargo, hay otros factores, enumerados más adelante, que juegan también un importante rol en la rotura de la emulsión. Con el fin de alcanzar resultados óptimos, es necesario controlar todos esos factores para satisfacer los requerimientos específicos del uso en obra de las emulsiones asfálticas. El proveedor debiera poseer más información concerniente al uso óptimo de sus emulsiones.

Curado: El curado involucra el desarrollo de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico. El resultado final es una película cohesiva continua que mantiene a los agregados con una fuerte unión de carácter adhesivo. Para que esto suceda, el agua debe evaporarse completamente, y las partículas de la emulsión asfáltica tienen que coalescer y unirse al agregado. El agua se elimina por evaporación, por la aplicación de presión (rodillado), y por absorción por el agregado. La evaporación del agua puede ser bastante rápida bajo condiciones climáticas favorables, pero excesiva humedad, bajas temperaturas, o lluvias inmediatamente después de la aplicación pueden demorar un curado apropiado. Cuando se usan emulsiones de roturas lentas y media en mezclas de pavimentación, el empleo de agregados ligeramente húmedos facilita el proceso de mezclado y recubrimiento. En las emulsiones de rotura lenta, el desarrollo de la resistencia depende principalmente de la evaporación y la absorción.

Las emulsiones para mezcla usualmente contienen algún solvente de petróleo para facilitar el proceso de mezclado y recubrimiento. Durante el curado, parte de este solvente se evapora. Recientemente, se ha puesto

énfasis en el desarrollo de emulsiones para mezclado sin solventes. Por ejemplo, el curado de micropavimento es lo suficientemente rápido para liberar el camino al tráfico en el lapso de una hora.

Factores que afectan la rotura y curado: Algunos de los factores que afectan las velocidades de rotura y curado de las emulsiones asfálticas son:

- **Absorción de agua:** Un agregado de textura áspera, poroso, acelera el tiempo de rotura al absorber agua de la emulsión.
- **Contenido de humedad de los agregados:** Si bien los agregados húmedos pueden facilitar el recubrimiento, tienden a hacer más lento el proceso de curado al incrementar el tiempo necesario para la evaporación.
- **Condiciones climáticas:** La temperatura, la humedad, y la velocidad del viento tienen influencia en la velocidad de evaporación del agua, en la migración del emulsivo y en las características de liberación del agua. Usualmente, pero no siempre, la rotura ocurre de manera más rápida en tiempos cálidos. Las altas temperaturas pueden originar la formación de "piel" en tratamientos superficiales (chip seals), atrapando el agua y retardando el curado. A la fecha ya se han desarrollado formulaciones químicas para romper rápidamente a bajas temperaturas.
- **Fuerzas mecánicas:** La presión de los rodillos y, hasta cierto punto, el tráfico a baja velocidad, desalojan al agua de la mezcla y ayudan a lograr la cohesión, el curado y la estabilidad de la mezcla.
- **Superficie específica:** Una mayor superficie específica de los agregados, particularmente finos en exceso o agregado sucio, acelera la rotura de la emulsión.
- **Química de superficies:** La intensidad de la carga de la superficie del agregado, en combinación con la intensidad de la carga del agente emulsivo, puede influir marcadamente en la velocidad de rotura, en particular en el caso de emulsiones catiónicas. Iones de calcio y de magnesio presentes en la superficie del agregado pueden reaccionar

con –y desestabilizar a- ciertos emulsivos aniónicos, acelerando la rotura.

- Temperatura de la emulsión y del agregado: La rotura se demora cuando las temperaturas de la emulsión y del agregado son bajas. Esto es particularmente evidente en el caso de micropavimentos.
- Tipo y cantidad de emulsivo: El surfactante empleado en la elaboración de la emulsión determina las características de rotura de los grados de emulsiones para sellados y para mezclas.

Estos factores deben ser considerados en la determinación del tiempo de trabajo luego de que la emulsión ha sido distribuida o ha sido mezclada con el agregado en la obra. La mejor fuente de información es el proveedor de la emulsión.

b) Clasificación de las emulsiones asfálticas:

Por el tipo de carga que poseen: pueden ser aniónicas, catiónicas y no iónicas.

Si una corriente eléctrica pasa a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto cargadas negativamente, éstas migrarán al ánodo. De aquí el nombre de emulsión aniónica. A la inversa, en el caso de emulsiones con partículas de asfalto cargadas positivamente, dichas partículas migrarán hacia el cátodo; se trata de una emulsión catiónica. En el caso de emulsiones no iónicas, las partículas de asfalto son eléctricamente neutras, y no emigran a polo alguno.

Por la velocidad con que la emulsión rompe: cuando las gotas de asfalto coalescen, esto es se juntan restaurando el volumen de cemento asfáltico (ver tabla 1.1), pueden clasificarse como:

- Emulsión de Rotura Controlada QS (Quick-setting): Se diseñan específicamente para aplicaciones en las que se necesita un rápido tiempo de curado. Esto permite una liberación más rápida al tránsito que en el caso de emulsiones de rotura lenta para morteros asfálticos. Las emulsiones para micropavimentos están modificadas con

polímeros y permite colocar mezclas en espesores mayores que los de los morteros asfálticos. Un pavimento de micropavimento puede ser normalmente abierto al tránsito antes de que se cumpla una hora de colocado.

- Emulsión de Rotura Rápida RS (Rapid-setting): Se han diseñado para reaccionar rápidamente con el agregado.

Se usan principalmente para aplicarlos por rociado, tales como sellos de arena, sellos de gravilla, tratamientos superficiales múltiples, etc. Versiones de estas emulsiones modificadas con polímeros son usadas rutinariamente cuando se requiere una rápida adhesión, como el caso de áreas de intenso tráfico o cuando hay cargas pesadas.

- Emulsión de Rotura Media MS (Medium-setting): Se usan para mezclas de gradación abierta (solamente agregado grueso), éstas no rompen inmediatamente y las mezclas permanecen trabajables por varios minutos. Esta emulsión tiene alta viscosidad para prevenir escurrimientos.

Las emulsiones de rotura media pueden ser utilizadas en aplicaciones de reciclado en frío. Versiones modificadas con polímeros de las emulsiones de rotura media pueden emplearse cuando se requieren estabilidad adicional o mayor durabilidad o cuando es importante una mayor resistencia a la humedad.

- Emulsión de Rotura Lenta SS (Slow-setting): Se usan para mezclas de gradación densa (granulometría cerrada, con alto porcentaje de finos), tienen bajas viscosidades.

La coalescencia de las partículas de asfalto de las emulsiones de rotura lenta depende básicamente de la evaporación del agua. Las emulsiones de rotura lenta en aplicaciones de mezcla son empleadas en general para estabilización de suelos, carpetas asfálticas y algunos reciclados y sellos con morteros asfálticos (slurry seal).

Las emulsiones de rotura lenta modificadas con polímeros pueden ser utilizadas cuando se requieren una estabilidad adicional de la mezcla o una mayor ligazón, esto último en el caso de riegos de liga o riego pulverizado.

Tabla 1.1: Tiempo de rotura de Emulsiones Asfálticas.

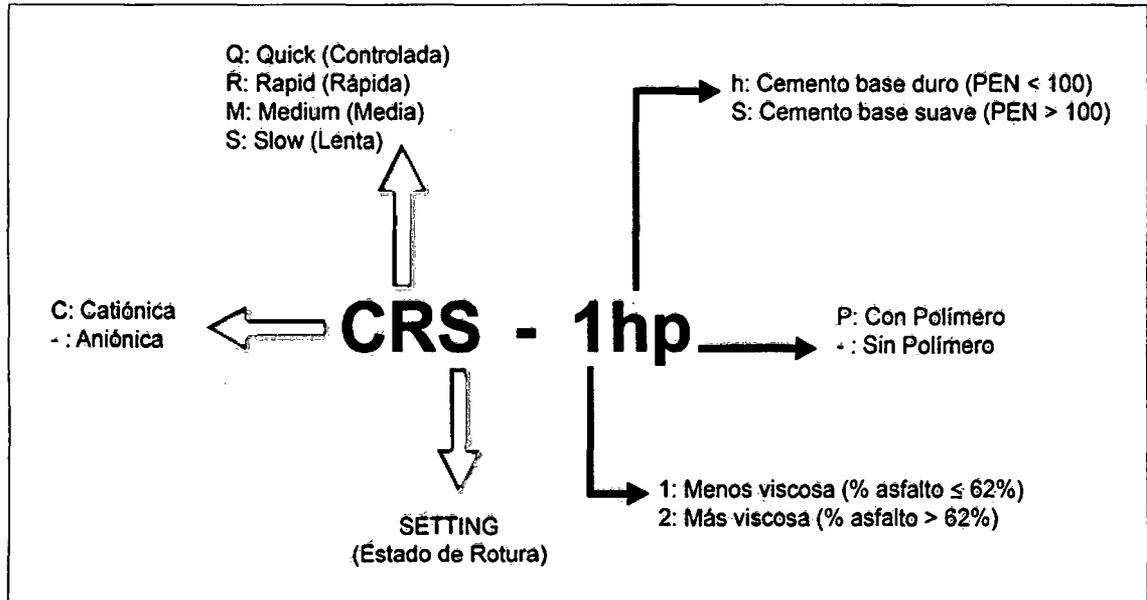
Tiempo de rotura (minutos)	Tipo de Emulsión
0-5	Rápidas
15-35	Medias
35-50	Lentas
Más de 60	Superestables

Fuente: LOPEZ CHEGNE, VICTOR, "Asfaltos emulsionados para construcción, mantenimiento vial y soluciones para carreteras afirmadas" - II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Pavimentos, 2006. Pág. 4

Las emulsiones, según la norma ASTM y la Norma Peruana, son identificadas con una serie de números y letras que aluden a la viscosidad de las emulsiones y a la consistencia de la base de cemento asfáltico.

La letra "C" encabezando el tipo de emulsión, identifica a una emulsión catiónica, la ausencia de letra "C" identifica a las emulsiones aniónicas, por ejemplo CRS-1 es una emulsión catiónica y RS-1 es aniónica.

Los números en la clasificación indican viscosidad relativa de la emulsión. Por ejemplo, una emulsión CRS-2p es más viscosa que CRS-1h. La letra "p" significa que es una emulsión con polímeros. La letra "h" significa que la base asfáltica utilizada en la emulsión es más consistente o dura (hard), si la base asfáltica es más blanda (soft) se utiliza la letra "s".



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1.3: Identificación de las emulsiones asfálticas

c) Variables que afectan la calidad y performance de las emulsiones asfálticas:

Hay muchos factores que afectan la producción, almacenamiento, uso, y performance de una emulsión asfáltica. Entre las variables de importancia se encuentran:

- Propiedades químicas de la base de cemento asfáltico
- Dureza y porcentaje de la base de cemento asfáltico
- Tamaño de las partículas de asfalto en la emulsión
- Tipo y concentración del agente emulsivo
- Condiciones de elaboración, tales como temperatura, presión, y esfuerzo para separar las partículas de asfalto
- Carga iónica en las partículas de emulsión
- Orden en que se agregan los elementos
- Tipo de equipo empleado en la elaboración de la emulsión
- Propiedades del agente emulsivo
- Adición de modificadores químicos o de polímeros

- Calidad del agua (dureza del agua)

Estos factores pueden ser variados para ajustarse a los agregados disponibles o a las condiciones constructivas. En lo que respecta a la particular combinación asfalto-agregado, siempre es aconsejable consultar al proveedor de la emulsión.

d) Ensayos sobre emulsiones asfálticas y residuos asfálticos:

La correcta interpretación de los resultados de los ensayos de laboratorio ayuda en la determinación de las características de una emulsión asfáltica. Normalmente, los objetivos de los ensayos de laboratorio son:

- Proveer datos para los requisitos de las especificaciones.
- Controlar la calidad y uniformidad del producto durante la elaboración y empleo.
- Predecir y controlar las propiedades relativas a la manipulación, el almacenamiento y la performance en el campo del material.

Los ensayos son diseñados para medir de una manera más precisa las diversas propiedades de cementos asfálticos, emulsiones, residuos de emulsiones, y sistemas modificados.

A continuación se tratará ensayos a realizar sobre emulsiones asfálticas y residuos asfálticos de mezclas de morteros asfálticos y micropavimentos.

Residuo de Asfalto por Destilación: Ensayo realizado sobre la emulsión asfáltica. Mediante destilación se separa el agua del asfalto. Si el material contiene destilado de petróleo, éste será separado junto con el agua. Las proporciones relativas de cemento asfáltico, agua, y destilado de petróleo en la emulsión pueden medirse una vez que la destilación ha finalizado. Sobre el residuo de cemento asfáltico pueden realizarse ensayos adicionales, con el objeto de determinar las propiedades físicas del asfalto de uso final. Los aparatos y procedimientos para la realización del ensayo se describen en el método ASTM D244.

Ensayo de penetración: Ensayo realizado al residuo asfáltico. Es una medida de la dureza del residuo asfáltico, a la temperatura especificada. Este ensayo mide la profundidad de penetración de una aguja, normalizada, bajo una carga de 100 gramos durante cinco (5) segundos a una temperatura de 25°C (77°F). Sin embargo, otras temperaturas y cargas son a veces aplicadas cuando se requiere información adicional. Los aparatos y procedimientos para la realización del ensayo se describen en el método ASTM 2397.

Ensayo de punto de ablandamiento (anillo y esfera): Ensayo realizado al residuo asfáltico. Fue desarrollado por la industria de techados y aislaciones, y no por la industria vial. Es otro método para medir una propiedad reológica de un asfalto o de un residuo asfáltico a elevadas temperaturas, y es utilizado por algunas agencias para especificación de ligantes. Dos discos de la muestra contenidos en sendos anillos de bronce son calentados, en un baño líquido, a una velocidad controlada. Sobre cada disco apoya una esfera de acero. El punto de ablandamiento es la temperatura para la cual los discos de asfalto se ablandan lo suficiente para dejar caer las esferas. Los aparatos y procedimientos para la realización del ensayo se describen en el método ASTM D36.

e) Selección del tipo y grado correcto de emulsión asfáltica:

Para un exitoso comportamiento de las emulsiones asfálticas, debe elegirse el tipo y grado adecuados para la función buscada. La primera consideración al elegir el tipo y grado correctos es qué aplicación se dará a la emulsión. ¿Se trata de una mezcla en planta (central o in-situ), una mezcla reciclada o una imprimación? ¿Es para una aplicación de superficie, como tratamiento superficial, riego pulverizado, lechada asfáltica (slurry seal) o micropavimento (microsurfacing)? ¿Es para una mezcla de mantenimiento? Una vez tomada esta decisión, deben considerarse otras variables del proyecto, a continuación se indican algunos otros factores que afectan la elección de la emulsión:

- Las condiciones climáticas previstas para la etapa constructiva. Las condiciones durante dicha etapa deberían imponer la elección del grado, el diseño de la mezcla o tratamiento y la selección de la maquinaria de construcción.
- Tipo de agregado, granulometría y disponibilidad.
- Disponibilidad de los equipos.
- Ubicación geográfica. La distancia de transporte y, en algunos casos, la disponibilidad de agua son consideraciones de importancia.
- Control de tráfico. En el área de trabajo, ¿puede el tránsito ser derivado o sólo puede controlárselo?
- Consideraciones ambientales

Si bien se pueden ofrecer pautas generales para la selección de emulsiones, se recomiendan los ensayos de laboratorio. No hay nada que reemplace a la evaluación en laboratorio de la emulsión y del agregado a ser empleados. Debieran probarse diferentes tipos y porcentajes de emulsión con el agregado, para hallar la mejor combinación para el uso buscado. Un técnico experimentado puede determinar el tipo y cantidad de emulsión a utilizar.

El éxito con cualquier tipo y grado de emulsión se garantiza mejor adhiriendo estrictamente a los siguientes pasos:

- Realizar una exhaustiva evaluación en laboratorio, empleando el agregado y la emulsión que se utilizarán en el proyecto.
- Cumplir las especificaciones y las normas de uso.
- Manipular cuidadosamente la emulsión para prevenir la contaminación, la sedimentación de gotitas de asfalto o la coalescencia prematura.
- Cuando surgen problemas inusuales o singulares, contactar al representante del fabricante de la emulsión.

1.4.1.2. Agregados

Todos los agregados utilizados en una capa de rodamiento están sometidos a la acción abrasiva del tráfico. Si dichos agregados no son lo suficientemente duros para resistir un rápido desgaste, el pavimento, cuando húmedo, puede tomarse peligrosamente resbaladizo. La mayoría de los agregados duros pueden unirse con éxito para tratamientos de superficie. La resistencia a la abrasión de los agregados puede ser medida con el ensayo Los Ángeles (ASTM C 131 [AASHTO T96]). Para tratamientos de superficie, el desgaste por abrasión no debería superar el 45%. Partículas trituradas con áspera textura superficial y absorción relativamente baja darán los mejores resultados. El agregado también debe cumplir los requisitos funcionales de tamaño, forma y limpieza.

- a) **Tamaño:** el agregado debería ceñirse, tanto como sea económicamente práctico, a un tamaño, preferentemente en el rango de 6 a 16 mm (1/4 a 5/8 pulgadas) para tratamiento superficial simple.

Mayores tamaños pueden ser usados en tratamientos múltiples. Si el tamaño es mucho mayor de 16mm (5/8 pulgadas), puede ocasionar un ruido de neumáticos que va más allá de lo tolerable. Si es mucho menor que 6mm (1/4 pulgadas), es difícil de extender uniformemente. Además, los agregados más finos bajan el rango admisible para la distribución unitaria de aplicación del asfalto.

- b) **Forma:** La forma ideal de un agregado para tratamientos de superficie es la cúbica. Las planas o alargadas no son deseables, ya que tienden a disponerse según sus lados planos.

Los agregados redondos, como grava de río sin triturar o gravilla, tienden a rodar con el tráfico y ser desplazados, planteando para el diseño un problema de difícil solución.

- c) **Limpieza:** Que el agregado esté limpio es muy importante. Si las partículas son polvorientas o están recubiertas con arcilla o limo, existe la probabilidad de que la emulsión no adhiera a ellas. El polvo produce una

película que impide que el asfalto se adhiera a la superficie del agregado. Debe ponerse cuidado en no contaminar el acopio de agregados.

1.4.2. Tipos de Técnicas de Rehabilitación Superficial

El uso de las emulsiones asfálticas en aplicaciones con asfalto y agregado se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1.2: Uso de emulsiones asfálticas aniónicas en aplicaciones de asfalto y agregado

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASTM D977 AASHTO M208								
	RS-1	RS-2	HFRS-2	MS-1, HFMS-1	MS-2, HFMS-2	MS-2h, HFMS-2h	HFMS-2s	SS-1	SS-1h
Tratamientos Superficiales (Simples y Múit)	X	X	X						
Sellado con Arena (Sand Seal)	X	X	X	X					
Lechada Asfáltica (Slurry Seal)							X	X	X
Sellado Doble (Sandwich Seal)		X	X						
Cape Seal		X							

Tabla 1.3: Uso de emulsiones asfálticas catiónicas en aplicaciones de asfalto y agregado

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASTM D2397 AASHTO M140					
	CRS-1	CRS-2	CMS-2	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h
Tratamientos Superficiales (Simples y Múit)	X	X				
Sellado con Arena (Sand Seal)	X	X				
Lechada Asfáltica (Slurry Seal)					X	X
Sellado Doble (Sandwich Seal)		X				
Cape Seal		X				

Fuente Tablas 1.2 y 1.3: ASPHALT INSTITUTE, ASPHALT EMULSION MANUFACTURERS ASSOCIATION, "Manual básico de emulsiones asfálticas" – Manual Series No. 19, 2001. Pág. 30

Un tratamiento superficial simple (chip seal) implica el riego con emulsión asfáltica y el inmediato extendido y rodillado de una fina capa de agregado. Para tratamientos superficiales múltiples, el proceso se repite para una segunda e inclusive una tercera vez, con el tamaño del agregado decreciendo en cada aplicación.

El sellado doble (sándwich seal) es una técnica relativamente nueva, en la cual se coloca primeramente un agregado de gran tamaño, luego se riega con emulsión asfáltica (normalmente modificada con polímeros) e inmediatamente se aplica un agregado de menor tamaño que “cierra” el sellado. Un “Cape seal” es un tratamiento superficial simple seguido de un mortero asfáltico (slurry seal) o de un micropavimento (micro-surfacing) para llenar los vacíos dejados entre los agregados de gran tamaño.

Un mortero asfáltico (slurry seal) es una mezcla de agregado de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, fillers, aditivos y agua. La lechada asfáltica es aplicada como un tratamiento de superficie de poco espesor, con una máquina especialmente diseñada. El micropavimento es muy parecido al mortero asfáltico, pero con la incorporación de polímeros y el empleo de técnicas especializadas de diseño, ofrece mayor durabilidad y puede ser colocada en capas de mayor espesor.²

² ASPHALT INSTITUTE, ASPHALT EMULSION MANUFACTURERS ASSOCIATION; “MANUAL BÁSICO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS”, Manual Series No. 19, 2001. Pág. 33

CAPÍTULO II

CARRETERA INTEROCEÁNICA NORTE (IIRSA NORTE)

2.1 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO EN LOS PAVIMENTOS. CASO DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA NORTE.

Es innegable que entre el desarrollo económico de un país y el desarrollo de la infraestructura vial existe una estrecha relación.

La cantidad de dinero a invertirse en infraestructura vial es siempre considerable, pero los montos requeridos son generalmente aún mayores. Los fondos gastados son mucho menores a los fondos requeridos para actividades de mantenimiento y rehabilitación, lo que evidencia la necesidad imperiosa de emplear los fondos disponibles de manera efectiva.

“Diversos análisis técnico-económicos demuestran que el costo de conservar la red vial en buen estado mediante mantenimiento preventivo es menor que postergar el mantenimiento hasta que el pavimento esté en tan malas condiciones que se requiera de una rehabilitación o aplicar tratamientos paliativos solamente para mantener el pavimento deteriorado en condiciones de servicio mínimamente aceptables”.¹

Es evidente que existe un grave déficit de infraestructura vial que necesita el Perú. Debido a la carencia de recursos para llevar a cabo las inversiones, el gobierno ha decidido concesionar las principales carreteras de modo que el sector privado las construya, opere y mantenga. Dentro de dicho contexto de participación de la Inversión Privada se incluyó el proceso de Concesión de las Obras y el Mantenimiento de los Tramos Viales del Eje Multimodal del Amazonas Norte.

¹ CHANG ALBITRES, CARLOS; “EVALUACIÓN, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, GESTIÓN-PAVIMENTOS UN ENFOQUE AL FUTURO”, Instituto de la Construcción y Gerencia, 2005. Pág. 84

Es así que el 17 de Junio del 2005 se firma el “Contrato de Concesión de las Obras y el Mantenimiento de los Tramos Viales del Eje Multimodal del Amazonas Norte del Plan de Acción para la Integración de Infraestructura Regional Sudamericana-IIRSA”. El Contrato fue firmado entre el Estado Peruano actuando a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la Concesionaria IIRSA NORTE conformada por la participación, como socios, de Odebrecht (83%) y Graña y Montero (17%).

La Concesión se otorga para la construcción, rehabilitación, mejoramiento, conservación, mantenimiento y explotación de la infraestructura.

2.2 DATOS DEL PROYECTO

2.2.1 Antecedentes

IIRSA, es un programa sudamericano de compromiso de doce países, que busca impulsar la integración, ampliación y modernización de la infraestructura física bajo una concepción regional del espacio sudamericano, con ello se quiere alcanzar una inserción competitiva de la región en el contexto de la globalización a través de dos ámbitos de acción: el ordenamiento espacial del territorio definiendo ejes sinérgicos de integración y desarrollo y la convergencia de normas y mecanismos que permitan el libre comercio de bienes y servicios dentro de la región.

Esto mediante la conformación de redes multimodales que articulen el uso de las vías terrestres, fluviales, marítimas y aéreas.

Entre el 4 y 5 de diciembre del 2000, en la reunión de Ministros de Transportes, Telecomunicaciones y Energía de América del Sur, se aprobó el correspondiente “Plan de Acción para la Integración de la Infraestructura de Sudamérica (IIRSA)” que contempla la implementación de diez ejes de integración y desarrollo a nivel sudamericano, cuatro de ellos vinculan al Perú con sus países vecinos y, de los cuales tres articulan directamente con Brasil. (Ver Tabla 2.1)

Tabla 2.1: Ejes de Integración sudamericanos y peruanos.

EJES DE INTEGRACIÓN SUDAMERICANOS Y PERUANOS	
EJES DE INTEGRACIÓN SUDAMERICANOS	NOMBRE DEL PROYECTO EN PERÚ
1.-Eje del Amazonas (Perú-Ecuador-Colombia-Brasil)	1.-Eje del Amazonas Norte y Centro
2.- Eje Perú-Brasil-Bolivia	2.-Carretera Interoceánica o Eje IIRSA Sur
3.- Eje Interoceánico Central (Brasil-Paraguay-Bolivia-Perú-Chile)	3.- Carretera Interoceánica Ilo-Desaguadero
4.- Eje Andino (Perú-Ecuador-Colombia-Venezuela-Bolivia-Chile)	4.- Eje Andino (Carretera Panamericana Longitudinal de la Sierra y Carretera Fernando Belaunde Terry)
5.- Eje Andino del Sur	
6.- Eje Capricornio	
7.- Eje del Escudo Guaraní	
8.- Eje Mercosur Chile	
9.- Eje Hidrovía Paraguay-Paraná	
10.- Eje del Sur	

Fuente: Elaboración Propia

De los cuatro ejes arriba mencionados, los tres primeros articulan directamente a nuestro país con el Brasil y el último, en la interconexión con los anteriores, tiene una relación indirecta. Brasil es el país que cuenta con el más grande mercado interno de la región sudamericana.

Este hecho favorece la ejecución de los proyectos de los Ejes IIRSA por cuanto al Perú se le abren grandes posibilidades de incrementar el comercio, el turismo y las oportunidades de alianzas estratégicas e inversión con este país, al aprovechar la complementariedad regional entre los Estados fronterizos de Brasil y las regiones del Perú.

Brasil por su parte, tiene la necesidad de encontrar salida para sus productos de exportación por puertos del Pacífico, así como encontrar vías que permitan que el flujo del comercio con el Asia, en ambos sentidos, se realice de la manera más competitiva posible. Por su parte, el Perú alcanzaría la masa crítica para

proyectarse competitivamente hacia el Pacífico a través de la integración con nuestros vecinos.

De ahí la importancia de la integración de la infraestructura sudamericana que proyectan los Ejes de IIRSA.

2.2.2 Eje Multimodal del Amazonas Norte

El Eje del Amazonas “Corredor Vial Amazonas Norte” tiene impacto sobre el desarrollo de las regiones norte, oriente, y centro del Perú y trae oportunidades de comercio con Brasil, dentro de este eje se encuentra el Eje Multimodal Amazonas Norte, uno de los planes de infraestructura de mayor envergadura en el Perú. Su propósito es interconectar la costa norte peruana con el estado de Amazonas de Brasil, a través de un corredor vial y las hidrovías del Huallaga y Marañón.

Ocupa las ecoregiones Costa, Sierra y Selva. Tiene una extensión de 955.1 Km. y está entre el Puerto Marítimo de Paita y el Puerto Fluvial de Yurimaguas. Esta carretera abarca seis departamentos: Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, San Martín y Loreto y casi 80 distritos.

Incluye los tramos viales comprendidos entre Paita y Yurimaguas, busca promover la integración económica entre el Puerto de Paita en el Pacífico y el Puerto Fluvial de Yurimaguas en el Río Huallaga que a su vez conecta con el río Amazonas, incluye además las hidrovías conformadas por los ríos Huallaga y Marañón, que conectan a Yurimaguas con Iquitos, e Iquitos y la frontera con Brasil. Prevé la integración a través de vías de penetración de regiones tradicionalmente excluidas, promoviendo un mayor acceso de poblaciones marginadas a oportunidades de educación, cultura, salud y bienestar general.

Tramos del Eje Multimodal Amazonas Norte:

Los tramos se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla 2.2: Tramos del Eje Multimodal Amazonas Norte.

RUTA NACIONAL	TRAMO	LONGITUD (km)
08A y 05N	Yurimaguas-Tarapoto	127.20
05N	Tarapoto-Rioja	133.00
05N	Rioja-Corral Quemado	274.00
04,03N	Corral Quemado-Olmos	196.20
01B	Olmos-Piura	168.90
02 y 01N	Piura-Paita	55.80
LONGITUD TOTAL		955.10

Fuente: PROINVERSIÓN, "Contrato de Concesión de las Obras y el Mantenimiento de los Tramos Viales del Eje Multimodal del Amazonas Norte del Plan de Acción para la Integración de Infraestructura Regional Sudamericana. IIRSA, 2005. Pág.19



Figura 2.1: Tramos del Eje Multimodal Amazonas Norte

2.3 TAREAS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO EN EL EJE MULTIMODAL AMAZONAS NORTE

Según especifica el contrato del proyecto, las tareas de mantenimiento rutinario en el proyecto están destinadas a proteger y mantener en buenas condiciones de funcionalidad la infraestructura vial, a efectos de atender adecuadamente el

tráfico acorde con los niveles de servicio exigidos para la vía. Comprende entre otras, las siguientes actividades:

- Limpieza y reparación, de ser el caso, de calzadas y bermas, alcantarillas, cunetas.
- Señales, guardavías y otros elementos de la infraestructura vial.
- Conservación de los elementos de puentes y obras de arte
- Repintado de la señalización horizontal en zonas puntuales.
- Replantado y arreglo de las áreas verdes.
- Parchados, tratamiento de fisuras, bacheos y sellado
- Control de vegetación o de la arena
- Mantenimiento de las señales verticales.
- Estabilización de taludes y control de la erosión de los mismos.
- Control y manejo de sedimentos.
- Verificación de señalizaciones y seguridad vial complementaria.

Para el Mantenimiento Rutinario se ha dividido a la vía en 6 tramos. (Ver imagen 2.2).

Tabla 2.3: División de carretera IIRSA Norte para realizar el mantenimiento rutinario.

TRAMO	LONGITUD (km)
Yurimaguas-Tarapoto	127.20
Tarapoto-Aguas Claras	197.35
Aguas Claras-Pedro Ruiz	111.35
Pedro Ruiz-Cavico	143.90
Cavico-Olmos	150.60
Olmos-Paita	224.70
Longitud Total	955.10

Fuente: Elaboración Propia

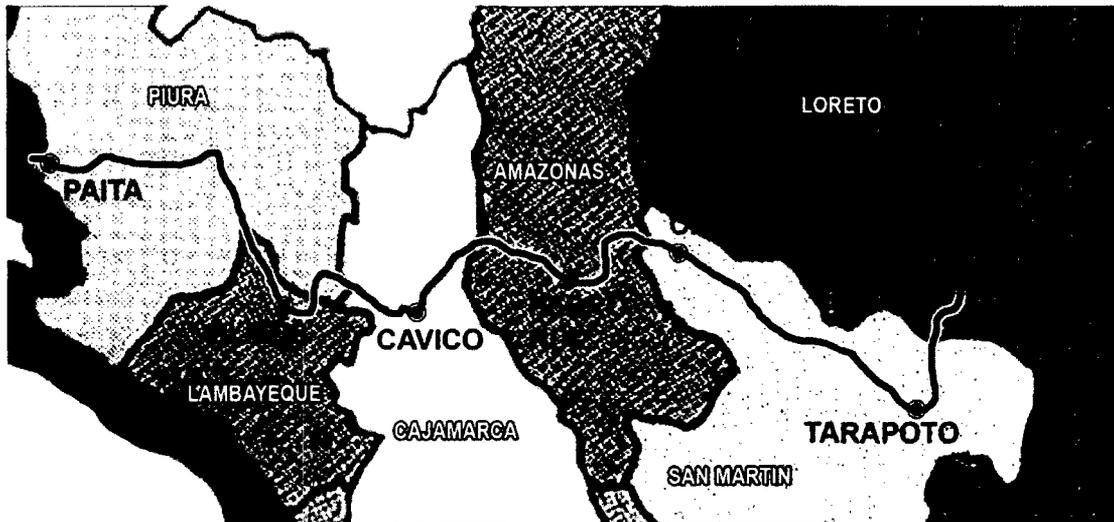


Figura 2.2: División de carretera IIRSA Norte para mantenimiento rutinario.

Tramo Yurimaguas-Tarapoto: Se localiza en el Nor-Oriente del país, conecta las regiones San Martín y Loreto (ubicado en selva alta y baja).

La carretera recorre el llano amazónico por lo que los suelos que prevalecen son esencialmente limo-arcillosos y limo-arenosos. En consecuencia, por la naturaleza cohesiva de los mismos (saturados en muchos casos), se presentarán situaciones de capacidad portante críticas, que pueden comprometer la funcionalidad de la vía.

Las constantes y fuertes lluvias y los deslizamientos de tierra son problemas recurrentes en el mantenimiento rutinario del tramo los cuales se derivan en: estabilización de taludes, atención de derrumbes, control de vegetación, como tareas de mantenimiento más frecuentes.

Tramo Tarapoto-Aguas Claras: Tramo ubicado en el departamento de San Martín. Atraviesa las provincias de Rioja, Moyobamba, Lamas y San Martín.

Se ubica en la región natural Selva Alta variando sus altitudes entre los 500 y los 900 m.s.n.m aproximadamente (Ver Figura 2.3).

Las temperaturas máximas y mínimas alcanzan valores promedio de 33°C y 22°C respectivamente. Se registran temperaturas de 38°C o más durante los

meses de octubre y noviembre. Las temperaturas promedio mensual, en general, disminuyen con la altitud pudiéndose alcanzar temperaturas de 15°C.

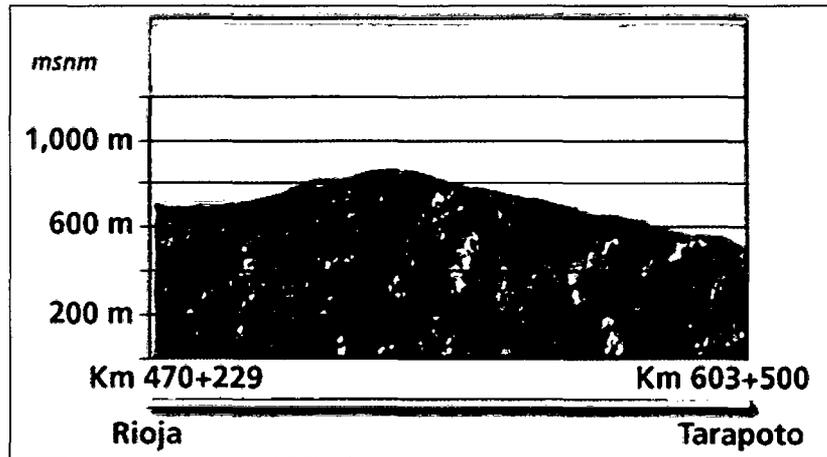


Figura 2.3: Niveles Altitudinales Tramo Tarapoto-Rioja

En cualquier localidad, la cantidad anual de precipitación supera los 1000 l/m². Las lluvias ocasionan deslizamiento del talud superior por movimiento del talud inferior, el colapso total de la plataforma, deslizamiento de ambos taludes en corte cerrado, hundimientos escalonados, asentamiento de la plataforma, deslizamientos de grandes proporciones.

En el tramo se presentan problemas de inestabilidad de taludes, socavaciones de riberas, inestabilidad de la plataforma, destrucción de pavimentos, erosiones y pérdida de obras de arte que se producen en ciertas zonas críticas.

Tramo Aguas Claras-Pedro Ruiz: Comienza en el departamento de San Martín en el caserío Aguas Claras, en la provincia de Rioja, seguidamente ingresa al departamento de Amazonas por la provincia de Bongará hasta llegar al poblado Pedro Ruiz ubicado en la misma provincia.

Las niveles altitudinales van ascendiendo desde los 900 msnm hasta aproximadamente 2000 msnm al llegar al centro poblado Pomacochas y seguidamente descendiendo hasta 700msnm en el pueblo Pedro Ruiz. Es predominante el territorio escarpado típico de los Andes (Sierra).

Los problemas más frecuentes en el tramo son los hundimientos o asentamientos de la plataforma.

Tramo Pedro Ruiz-Cavico: Inicia en el poblado Pedro Ruiz, cruza la provincia Utcubamba en el departamento de Amazonas y finalmente ingresa al departamento de Cajamarca por la provincia de Cutervo hasta el centro poblado menor Cavico. El tramo atraviesa altitudes entre los 500 y 1000 msnm aproximadamente.

Se ubica en una zona de condiciones naturales complejas con erosión fluvial y pluvial, deslizamientos, derrumbes y huaycos que afectan la carretera permanentemente, con énfasis en periodos de excesos de lluvias (en muchos puntos las condiciones del terreno se encuentran en proceso de cambio continuo), lo que produce inestabilidad de taludes, socavación de riberas, destrucción de pavimentos y obras de arte (muros de contención, alcantarillas, etc.), erosión y/o inestabilidad de plataforma. Todos estos problemas se presentan mayormente entre el poblado Pedro Ruiz y la ciudad de Bagua en la provincia Utcubamba.

Tramo Cavico-Olmos: Se inicia en el poblado Cavico en el departamento de Cajamarca y continúa en la provincia de Huancabamba en Piura, finalizando en el distrito Olmos de la provincia de Lambayeque en el departamento del mismo nombre. El tramo está situado en la región geográfica sierra.

En este tramo se presentan problemas menores en el mantenimiento en comparación con los tramos anteriores. La presencia de derrumbes es casi nula.

Tramo Olmos-Paita: Parte del distrito de Olmos en Lambayeque, luego ingresa al departamento de Piura por la provincia Morropón siguiendo por las provincias Piura, Sullana y finalmente Paita. Culminando exactamente en el puerto de Paita. Todo el tramo se encuentra en la Costa.

En el tramo los problemas de mantenimiento que se tienen están relacionados con la limpieza, como el arrojado de desperdicios a la vía.

2.4 CANTERAS EMPLEADAS EN EL MANTENIMIENTO RUTINARIO.

Los tramos más críticos de la carretera Interoceánica Norte (IIRSA NORTE) son: Yurimaguas-Tarapoto, Tarapoto-Aguas Claras, Aguas Claras-Pedro Ruiz y Pedro Ruiz-Cavico.

Para la investigación se emplearán las canteras ubicadas en los tramos que van desde Yurimaguas hasta Pedro Ruiz (Ver Figura 2.4).

- Cantera Yuracyacu: Ubicada en el km 53+500 del Tramo Yurimaguas-Tarapoto (km 127+200 - km 0+000)
- Cantera Naranjillo: Ubicada en el km 431+000 del Tramo Tarapoto-Aguas Claras (km 403+350 - km 603+500)
- Cantera Vilcaniza: Ubicada en el 342+600 del Tramo Aguas Claras-Pedro Ruiz (km 403+350 – km 294+500)

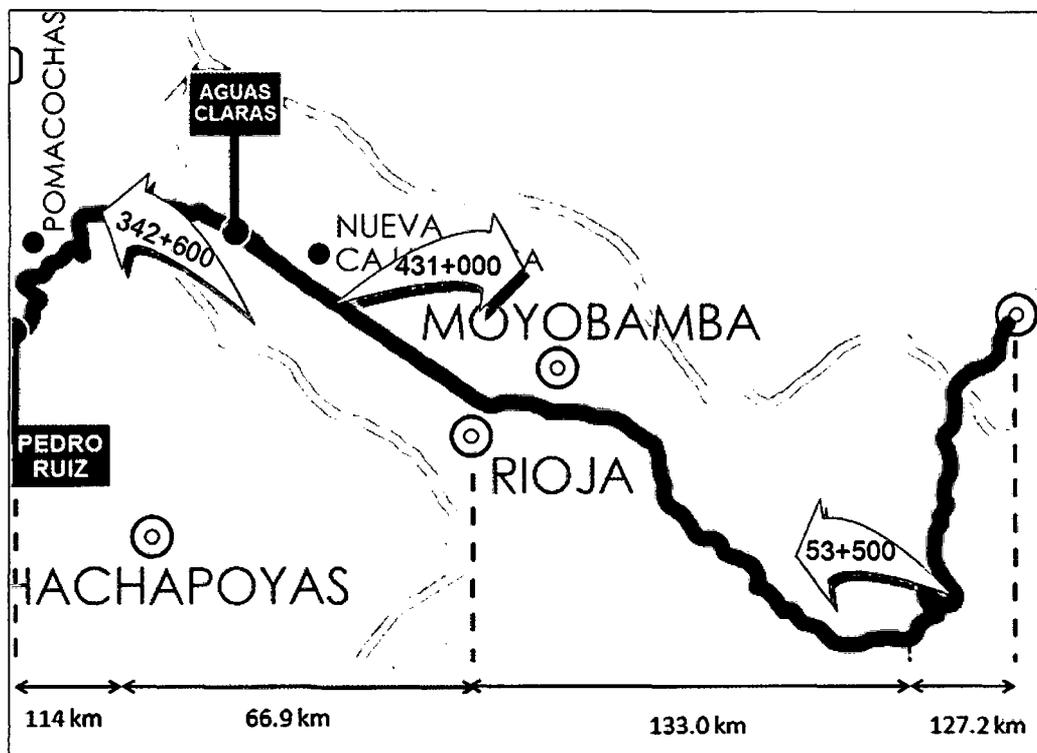


Figura 2.4: Ubicación de canteras a emplear en el mantenimiento rutinario.

CAPITULO III

MORTEROS ASFÁLTICOS (SLURRY SEAL) Y MICROPAVIMENTOS

3.1. MORTEROS ASFÁLTICOS (SLURRY SEAL)

3.1.1. Definición

El Mortero Asfáltico (Slurry seal) consiste en una mezcla de una emulsión asfáltica, agregado de granulometría cerrada, filler mineral, agua y aditivos especificados, dosificado, mezclado y uniformemente esparcido sobre una superficie correctamente preparada.

El Mortero Asfáltico (Slurry seal) completado debe dejar una carpeta homogénea, adherirse firmemente a la superficie preparada, y tener una textura superficial resistente al deslizamiento a lo largo de su vida de servicio.

Normalización:

Su diseño y aplicación están normalizados por:

- ISSA (International Slurry Surfacing Association), ISSA A105 “Guía recomendada de cumplimiento para morteros de emulsiones asfálticas” (Recommended Performance Guideline for Emulsified Asphalt Slurry Seal)
- ASTM (American Society for Testing and Materials), ASTM D 3910
- EG 2000 Sección 407

3.1.2. Usos más comunes

Puede ser tanto una técnica de mantenimiento preventivo como correctiva. Es muy efectiva para pavimentos envejecidos. Llenará las fisuras superficiales; detendrá el desprendimiento de agregados, mejorará la resistencia al

deslizamiento y en general protegerá al pavimento y reducirá el deterioro por oxidación y agua y así prolongará globalmente la vida útil del pavimento.

Es aplicado en espesores de 3 a 9 mm y entre alguna de sus ventajas están la rápida absorción, proveer textura superficial y resistencia a la fricción, corrige irregularidades superficiales menores, es un excelente tratamiento de bajo costo para calles urbanas.

En la “Guía recomendada de cumplimiento para morteros de emulsiones asfálticas (ISSA A 105)” se sugieren tasas de aplicación según la ubicación. La mezcla de mortero asfáltico siempre será de consistencia apropiada para proporcionar la tasa de aplicación requerida por la condición superficial. La tasa de aplicación promedio puede estar de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Tasa de aplicación de morteros asfálticos

TIPO DE AGREGADO	UBICACIÓN	TASA DE APLICACIÓN SUGERIDA
Tipo I	Áreas de parqueo Zonas residenciales y urbanas Pistas de aterrizaje de aeropuertos	4.3 – 6.5 kg/m ² (8 – 12 lb/yd ²)
Tipo II	Zonas residenciales y urbanas Pistas de aterrizaje de aeropuertos	5.4 – 9.8 kg/m ² (10 – 18 lb/yd ²)
Tipo III	Rutas principales e interestatales	8.1 – 12.0 kg/m ² (15 – 22 lb/yd ²)

Fuente: ISSA, “Recommended Performance Guideline for Emulsified Asphalt Slurry Seal” – ISSA A 105, 2005. Pág. 6

La tasa de aplicación sugerida está basada en el peso de agregado seco en la mezcla. Las tasas de aplicación son afectadas por el peso unitario del agregado, la granulometría del agregado y la demanda de la superficie, a la cual se le está aplicando el mortero asfáltico.

El Boletín Técnico 112 de la ISSA (ISSA Technical Bulletin N°12, Method to Estimate Slurry Seal Spread Rates and to Measure Pavement Macrotecture) da un método para determinar índices de uso previstos.

3.1.3. Componentes de la mezcla y pruebas de calidad

Las siguientes especificaciones y recomendaciones fueron obtenidas de la “Guía recomendada de cumplimiento para morteros de emulsiones asfálticas” (A105-Recommended Performance Guidelines for Emulsified Asphalt Slurry Seal) de la Asociación Internacional de recubrimientos de mortero asfáltico (ISSA - International Slurry Surfacing Association)

3.1.3.1. Emulsión asfáltica.-

La emulsión asfáltica deberá cumplir los requerimientos de los grados SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h o CSS-1hp como se especifica en ASTM D977, ASTM D2397, AASHTO M140 y AASHTO M208.

a) Pruebas de Calidad –

Tabla 3.2: Pruebas de Calidad de la Emulsión Asfáltica

	AASHTO	ASTM	ESPECIFICACIÓN
<i>Pruebas a la Emulsión</i>			
Residuo luego de la Destilación	AASHTO T59	ASTM D244	60% Mínimo
<i>Pruebas al residuo de la emulsión</i>			
Penetración a 25°C	AASHTO T49	ASTM 2397	40-90*

*Deberían ser consideradas las condiciones climáticas cuando se establezca este rango

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guideline for Emulsified Asphalt Slurry Seal" – ISSA A 105, 2005. Pág. 3

3.1.3.2. Agregados.-

- a) **Generalidades** – El agregado deberá ser de tipo especificado para uso particular de mortero asfáltico (Slurry seal). El agregado será piedra chancada como granito, escorias, caliza u otros agregados de alta calidad o combinación de éstos. Para asegurar que el material está totalmente triturado, 100% de los agregados padres serán más grandes que la piedra más grande en la gradación a ser usada.

b) Pruebas de Calidad – El agregado cumplirá los siguientes requisitos:

Tabla 3.3: Pruebas de Calidad en agregados

AASHTO	ASTM	ENSAYO	ESPECIFICACIÓN
AASHTO T176	ASTM D2419	Equivalente Arena	45 Mínimo
AASHTO T104	ASTM C88	Durabilidad	15% Máximo usando Na ₂ SO ₄ 25% Máximo usando MgSO ₄
AASHTO T96	ASTM C131	Resistencia a la Abrasión	35% Máximo

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guideline for Emulsified Asphalt Slurry Seal" – ISSA A 105, 2005. Pág. 3

El ensayo de abrasión es realizado sobre el agregado antes que éste sea triturado. El agregado debe tener valores de pulido aprobados.

c) Granulometría - Ensayado el material según AASHTO T27 (ASTM C136) y AASHTO T11 (ASTM C117), la granulometría del agregado (incluyendo el filler mineral) estará dentro de uno de los siguientes husos:

Tabla 3.4: Granulometría de agregados-Morteros asfálticos

TAMIZ	TIPO I Porcentaje Pasante	TIPO II Porcentaje Pasante	TIPO III Porcentaje Pasante	TOLERANCIA
3/8" (9.5 mm)	100	100	100	
#4 (4.75 mm)	100	90-100	70-90	+ 5%
#8 (2.36 mm)	90-100	65-90	45-70	+ 5%
#16 (1.18 mm)	65-90	45-70	28-50	+ 5%
#30 (600 um)	40-65	30-50	19-34	+ 5%
#50 (330 um)	25-42	18-30	12-25	+ 4%
#100 (150 um)	15-30	10-21	7-18	+ 3%
#200 (75 um)	10-20	5-15	5-15	+ 2%

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guideline for Emulsified Asphalt Slurry Seal" – ISSA A 105, 2005. Pág. 4

En la granulometría de diseño, el porcentaje pasante de cada tamiz puede variar dentro de la tolerancia especificada en el cuadro anterior.

Si los ensayos muestran el material fuera del huso se puede descartar el material o mezclarlo con otros agregados para traerlo dentro de las especificaciones.

El zarandeado será requerido si hay algún problema por tener material que exceda el límite de tamaño en la mezcla.

3.1.3.3. Filler mineral.-

Cemento Portland, cal hidratada, caliza en polvo, ceniza muy fina u otro filler que reúna los requerimientos de ASTM D242 serán usados si es requerido por el diseño de mezcla. Ellos serán considerados como parte del agregado seco.

3.1.3.4. Agua.-

El agua será libre de sales y contaminantes dañosos.

3.1.3.5. Aditivos.-

Los aditivos pueden ser usados para acelerar o retardar el rompimiento del mortero asfáltico o para mejorar la superficie de acabado. El uso de aditivos en la mezcla de mortero asfáltico será hecho inicialmente en las cantidades predeterminadas por el diseño de mezcla con ajustes de campo, si es necesario.

3.1.4. Ensayos complementarios a componentes de la mezcla

A continuación se citan ensayos que si bien no aparecen en la “Guía recomendada de cumplimiento para morteros de emulsiones asfálticas” (ISSA A105) algunos laboratorios locales los realizan como complemento importante de la caracterización de agregados:

3.1.4.1. Agregados

a) Valor de absorción de azul de metileno para arcillas, rellenos minerales (fillers) y finos

Este ensayo es usado para cuantificar la cantidad de arcillas del tipo esmectita, materia orgánica y de hidróxido de hierro presente en el agregado.

Las esmectitas son materiales arcillosos susceptibles de sufrir hinchamiento o procesos de expansividad en presencia de agua¹.

Normalización:

- ISSA Technical Bulletin N°145
- AASHTO TP 57

De acuerdo a la norma ISSA, el agregado debe ser rechazado si el valor de azul de metileno supera 10 mg/g.

3.1.4.2. Agua

Como complemento a lo indicado en la "Guía recomendada de cumplimiento para morteros de emulsiones asfálticas" (ISSA A105), algunos ensayos realizan ensayos al agua a emplear en la mezcla a fin de garantizar que esta sea blanda y no afecte el proceso normal de elaboración, rotura y curado. Asimismo, para garantizar que su pH, medido con ASTM D-1293, deberá estar entre 5.5 y 8.0; y el contenido de sulfatos, expresado en SO₄ y determinados según norma de ensayo ASTM D-516 no podrá ser mayor de un gramo por litro (1g/lt).

a) Determinación de cloruros solubles en suelos y agua

Normalización:

- NTP 339.177, AASHTO T 291, ASTM D512

b) Determinación de sulfatos solubles

Normalización:

- NTP 339.178, AASHTO T 290, ASTM D516

c) Dureza en ppm de Carbonato de Calcio

Normalización:

- ASTM D511

¹ RODRIGUEZ ORTIZ, JM; "LAS ARCILLAS EXPANSIVAS. SU ESTUDIO Y TRATAMIENTO", Boletín de Información del Laboratorio de Transporte y Mecánica de Suelos, 1985. Pág. 3-30

d) Medición del pH

Normalización:

- ASTM D1293

3.1.5. Evaluación en laboratorio

Debe ser realizado por un laboratorio que tenga experiencia en el diseño de mezclas de mortero asfáltico con emulsiones asfálticas.

3.1.5.1. Generalidades.-

La compatibilidad del agregado, de la emulsión, del filler mineral y otros aditivos será verificada por el diseño de mezcla.

A continuación se muestran Ensayos y valores recomendados por la Asociación Internacional de recubrimiento asfáltico ISSA (International Slurry Surfacing Association) en su "Guía recomendada de cumplimiento para morteros de emulsiones asfálticas" (ISSA A105):

Tabla 3.5: Ensayos para mezclas de mortero asfáltico

ISSA TEST N°	DESCRIPCION	ESPECIFICACIÓN
ISSA TB 106	Consistencia de mortero asfáltico (Slurry Seal Consistency)	
ISSA TB 139 (Para sistemas de tráfico rápido)	Cohesión en húmedo 30 minutos mínimo - Rotura Cohesión en húmedo 60 minutos mínimo	12 kg-cm Mínimo 20 kg-cm Mínimo
ISSA TB 109 (Solo para áreas de tráfico pesado)	Exceso de Asfalto por LWT Adhesión de Arena (Excess Asphalt by LWT Sand Adhesión)	50 g/ft2 Máximo (538 g/m2 Máximo)
ISSA TB 114	Desprendimiento en Húmedo (Wet Stripping)	Pasante (90% Mínimo)
ISSA TB 100	Pérdida de Abrasión en húmedo, Remojar 1 hora (Wet-Track Abrasion Loss, One-hour Soak)	75 g/ft2 (807 g/m2) Máximo
ISSA TB 113	Tiempo de Mezcla** (Mix Time)	Controlable a 180 segundos mínimo

** La prueba de mezcla y tiempo de rotura se debe realizar a las temperaturas más altas esperadas durante la construcción.

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guideline for Emulsified Asphalt Slurry Seal" – ISSA A 105, 2005. Pág. 5

El ensayo de pérdida de abrasión en húmedo (WTAT) es realizado bajo condiciones de laboratorio como un componente del proceso de diseño de mezcla. El propósito de esta prueba es determinar el mínimo contenido de asfalto del sistema de mortero.

El ensayo de tiempo de mezcla es usado para predecir cuánto tiempo el material se puede mezclar en la máquina antes de que empiece a romperse. Esto es más para que la información sea usada por el contratista de la obra que para calidad del producto final.

El informe de laboratorio debe mostrar claramente las proporciones de agregado, filler mineral, agua, aditivo(s) empleados, y emulsión asfáltica basada en peso de agregado seco. Todas las cantidades empleadas en el diseño de mezcla serán representativas de los materiales que, propuestos por el contratista, se usarán en el proyecto. Pueden ser requeridos ajustes durante la construcción basados en las condiciones de campo. Los materiales componentes estarán dentro de los límites siguientes:

Tabla 3.6: Límites de los materiales componentes del mortero asfáltico

MATERIALES COMPONENTES	LÍMITES
Residuo Asfáltico	Tipo I: 10-16% Tipo II: 7.5 - 13.5% Tipo III: 6.5 - 12% (Basado en peso de agregado seco)
Filler Mineral	0.5 - 2% (Basado en peso de agregado seco)
Aditivos	Según lo necesario
Agua	Como sea necesario para alcanzar consistencia apropiada de la mezcla (Líquidos totales de la mezcla no deben exceder los vacíos de agregado sueltos. ISSA T106 debe ser usado para comprobar cantidad óptima)

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guideline for Emulsified Asphalt Slurry Seal" – ISSA A 105, 2005. Pág. 6

3.1.5.2. Descripción de ensayos.-

A continuación se describe el procedimiento a seguir en cada uno de los ensayos según las normas de ISSA (International Slurry Surfacing Association)

1) Tiempo de Mezcla (ISSA TB 113): Esta prueba es el primer paso en el diseño de mezclas de mortero asfáltico (slurry seal), se elaboran pequeñas mezclas de 100 a 200 gr, el ensayo es útil para determinar las características de mezclado y rompimiento de la emulsión, verificar la adhesión entre el agregado y la emulsión y para entrenar a los operadores de la máquina en familiarizarse con la apariencia visual y las propiedades mecánicas de la mezcla.

Procedimiento:

- Preparar recipientes con 200 gr de material.



Figura 3.1: Cantidad de agregado para ensayo Tiempo de mezcla.

- En cada recipiente agregar filler en diferentes proporciones. Generalmente el filler es usado hasta 2% con respecto al peso de agregado seco.
- En cada recipiente se agrega agua y emulsión asfáltica.



Figura 3.2: Agua para ensayo Tiempo de mezcla.

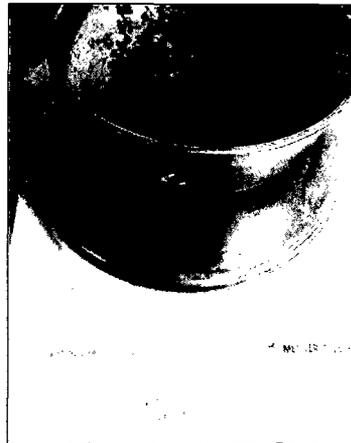


Figura 3.3: Adición de emulsión-Ensayo Tiempo de mezcla.

- Mezclar y cronometrar el tiempo en el que la mezcla es trabajable. ISSA recomienda que este tiempo debe ser mayor a 3 minutos, es decir, antes de ese tiempo la mezcla no debe romper.



Figura 3.4: Mezcla de los componentes y medición del tiempo trabajable de la mezcla.

- Repetir el procedimiento en cada uno de los demás recipientes.

2) Consistencia del mortero asfáltico (ISSA TB 106): En la norma de ensayo ISSA TB 106 se menciona que existen varios métodos para medir la consistencia, como el realizado por el Ministerio de Transporte de Kansas que ha utilizado por varios años una prueba que llamamos “la prueba de consistencia del cono de Kansas” o simplemente, la “prueba del cono”. Esta prueba da un valor numérico a la consistencia. Se menciona también en esta norma que el procedimiento ahora está internacionalmente reconocido como estándar industrial.

El ensayo del cono es usado para determinar la cantidad de agua requerida para formar una mezcla estable, trabajable. Esta prueba utiliza el cono de absorción de arena descrito en ASTM C-128 o AASHTO T-84 y una base escalada en centímetros para medir el flujo.

Procedimiento:

- Preparar recipientes con 700 gr de agregado seco y agregarle filler. Una buena opción es agregar la cantidad de filler que resultó del ensayo Tiempo de mezcla, es decir, la cantidad de filler con la que se logre un tiempo trabajable mayor a 3 minutos.
- Añadir agua y emulsión asfáltica en uno de los recipientes.
- Mezclar todo el contenido del recipiente.
- Centrar el cono en la base escalada.

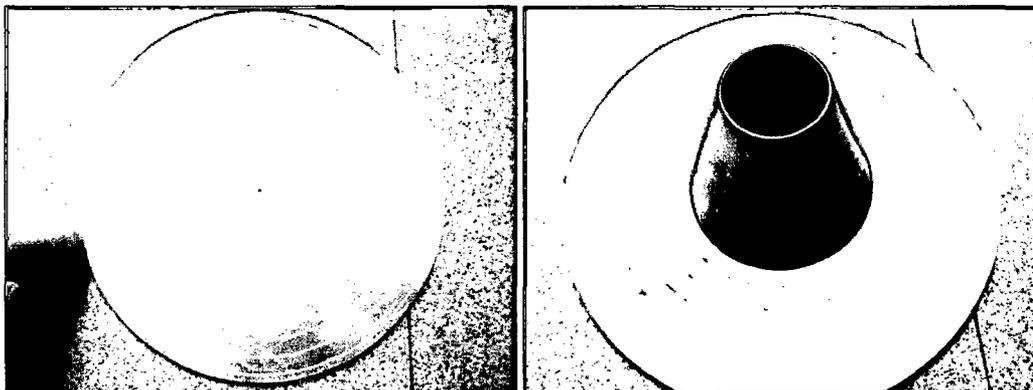


Figura 3.5: Cono y base escalada para ensayo de Consistencia del mortero asfáltico.

- Verter el contenido del recipiente en el Tronco de Cono.



Figura 3.6: Colocación del mortero en el cono del ensayo de Consistencia.

- Retirar el Cono y seleccionar en el contorno de la mezcla 4 puntos separados 90°. Ubicar en la base escalada el valor de flujo que le corresponde a cada punto y promediar los 4 valores, este promedio será el flujo de la mezcla.
- ISSA recomienda que el flujo de la mezcla sea entre 2.5cm y 3cm. Para lograr un flujo dentro del rango recomendado, se prueban diferentes porcentajes de agua en cada recipiente agregando menos o más agua según sea necesario.



Figura 3.7: Ejemplo en laboratorio. Contenido de agua muy bajo, la mezcla no fluye.



Figura 3.8: Ejemplo en laboratorio. Porcentaje de agua utilizado produce un flujo óptimo de la mezcla. Poco menos de 3cm.

3) Ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139): Este ensayo mide la resistencia del mortero con respecto al tiempo y la humedad sometiéndolo a un esfuerzo torsional. Este ensayo muestra la evolución de la consistencia de la mezcla en función al tiempo de curado, permite determinar las características de rompimiento de la mezcla y grado de cohesión entre el agregado y la emulsión, así como los tiempos de apertura al tráfico. La prueba es la simulación del giro torsional del neumático de un vehículo, que mide el torque necesario para desintegrar una muestra de la mezcla (diámetro 60mm y espesor mínimo 6mm) bajo la acción de un vástago neumático con una almohadilla de caucho a una presión de 200 KPA (25 lb/ ft²).

Procedimiento:

- Preparar un recipiente con 400 gr de agregado seco.
- Agregar filler a cada recipiente.
- Añadir el porcentaje de agua hallado en el ensayo de Consistencia.

- Añadir la emulsión asfáltica. Mezclar todo el contenido del recipiente.
- Preparar con la mezcla varios especímenes: Verter la mezcla en anillos metálicos de 60 mm de diámetro con espesores de 6 y 10 mm. Una vez producida la ruptura de la emulsión se retira el anillo y se someten los especímenes al ensayo de cohesión propiamente.

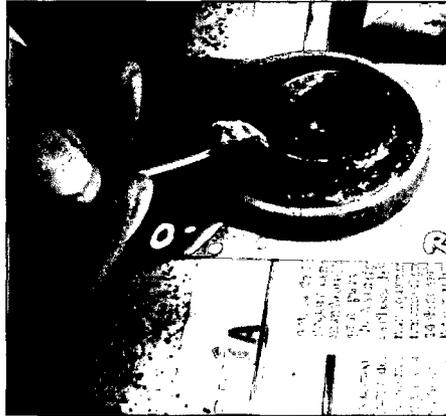


Figura 3.9: Preparación de especímenes para ensayo de Cohesión en Húmedo.

- El procedimiento en el equipo de cohesión es como sigue:
 - Se posiciona el espécimen bajo el brazo de un cilindro neumático cuyo vástago metálico tiene en una pieza de neopreno de una pulgada de diámetro. Los especímenes son probados a diferentes tiempos luego de la ruptura de la mezcla.

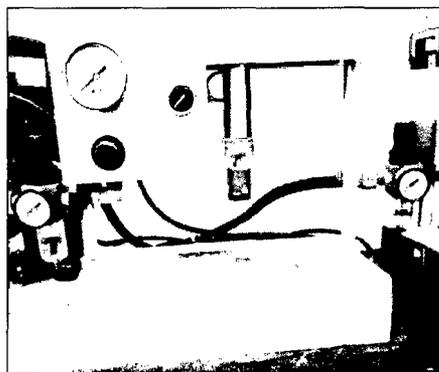


Figura 3.10: Equipo para ensayo de Cohesión en Húmedo.

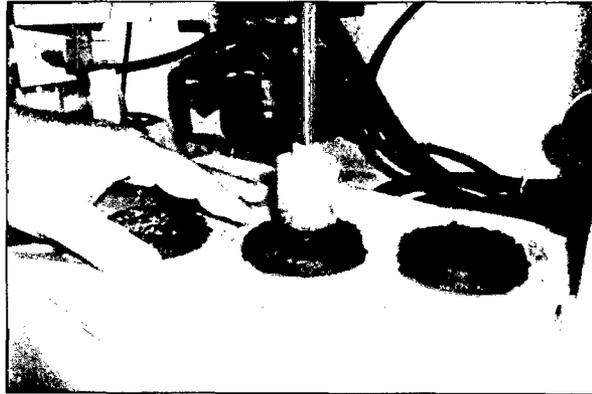


Figura 3.11: Presión aplicada al espécimen.



Figura 3.12: Presión aplicada al espécimen empleando torquímetro.

- El vástago metálico es bajado al espécimen a velocidad aproximada de 8 a 10cm por segundo. Se aplica una presión con el cilindro neumático de 25 PSI (200 KPA) y se mide el valor obtenido.

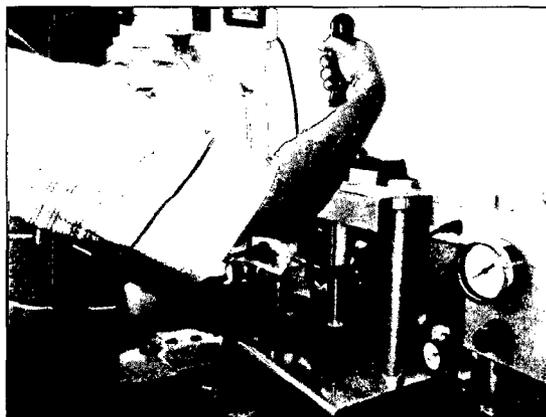


Figura 3.13: Presión aplicada al espécimen en el equipo de cohesión.

De acuerdo a lo indicado por ISSA, el tiempo de rotura está definido como el lapso de tiempo transcurrido después del moldeo cuando el mortero no puede ser remezclado homogéneamente; cuando ningún desplazamiento lateral es posible al presionar el espécimen; cuando una toalla de papel absorbente no se mancha al presionarla ligeramente en la superficie del mortero; o cuando una emulsión ha coalescido y no tiene capacidad disponible de recubrir la mezcla; y cuando no hay emulsión libre que pueda diluirse y lavarse con agua. La rotura ocurre a un nivel de torsión de 12 kg-cm, el tiempo de apertura al tráfico ocurre a un nivel de torsión de 20 kg-cm².

Cuando se alcance:

- 12 Kg-cm: Si se obtiene dentro de 30 minutos la mezcla se denomina de curado rápido. La mezcla se consolida, resiste al agua y no puede ser remezclada.
- 20 kg-cm: Si se obtiene dentro de 1 hora se considera que la mezcla es de apertura rápida al tránsito.

4) Ensayo de Rueda Cargada-LWT(ISSA TB 109): Determina el contenido máximo de asfalto en mezclas para morteros asfálticos y micropavimentos por la medición de adhesión de arena en especímenes sujetos a la simulación de cargas pesadas bajo la acción de una rueda, además de medir desplazamientos laterales por el mismo efecto. ISSA recomienda un valor máximo de adhesión de arena de 538 gr por metro cuadrado.

Resumen del procedimiento de ensayo:

² ISSA, "TEST METHOD TO CLASSIFY EMULSIFIED ASPHALT/AGGREGATE MIXTURE SYSTEMS BY MODIFIED COHESION TESTER MEASUREMENT OF SET AND CURE CHARACTERISTICS"-TB 139, 1990. Pág. 1

- Se fabrican especímenes de dimensiones: 50mm x 375 mm, cada uno es preparado con una mezcla de 450 gr de agregado seco, filler, el porcentaje de agua óptimo y emulsión asfáltica. Los especímenes deben tener diferentes porcentajes de emulsión, se puede considerar apropiado variar la emulsión de cada mezcla en 1% o 2% obteniendo valores mayores y menores (ver ejemplo en figura 3.17).

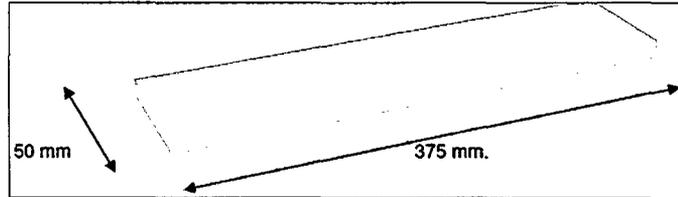


Figura 3.14: Dimensiones del espécimen de ensayo de Rueda Cargada.

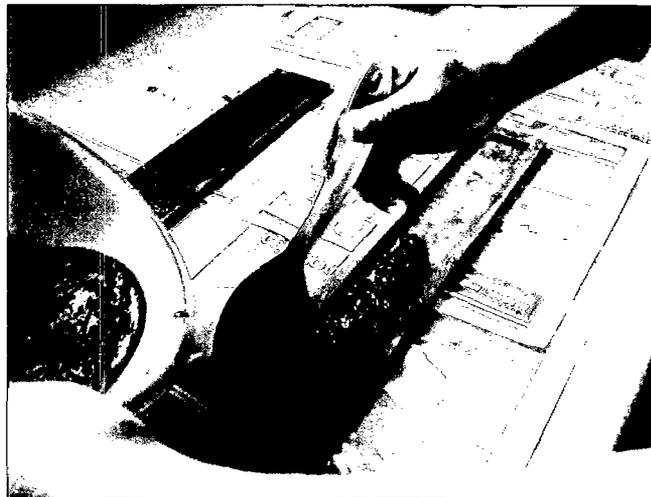


Figura 3.15: Preparación del espécimen de ensayo de Rueda Cargada.

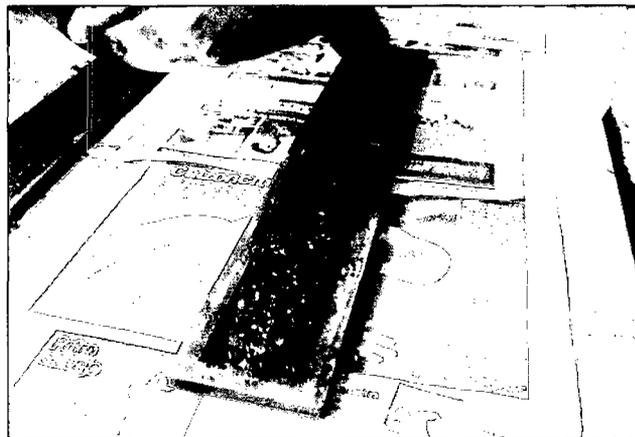


Figura 3.16: Especimen de ensayo de Rueda Cargada.

La siguiente imagen muestra como ejemplo la variación de cantidad de emulsión en un caso de ensayo donde el porcentaje teórico de emulsión era 15.4%.

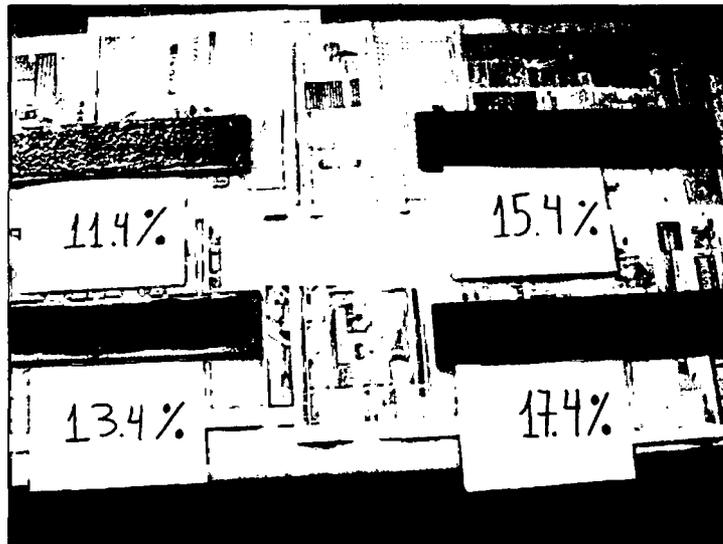


Figura 3.17: Especímenes de ensayo Rueda Cargada. Variación contenido de emulsión

Para la variación de emulsión en los especímenes del ensayo de abrasión en húmedo (ISSA TB 100) se sigue el mismo criterio.

- Se desmoldan los especímenes y se dejan curar en estufa a 60 °C durante 15 horas.

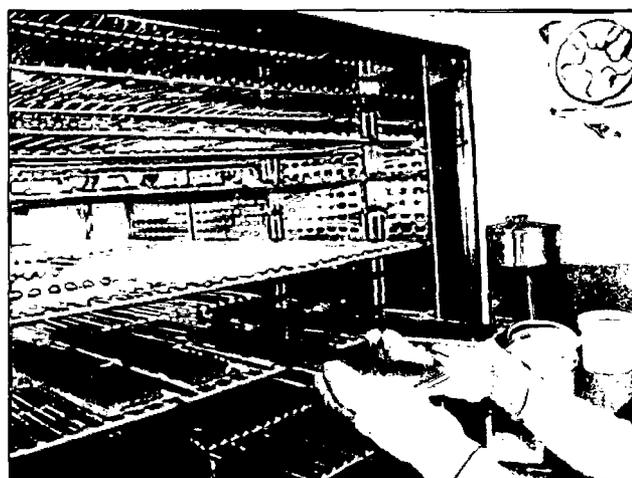


Figura 3.18: Curado en estufa de especímenes de ensayo Rueda Cargada.

- Pasadas las 15 horas, la muestra se coloca en la máquina de rueda cargada y se fija con pernos y arandelas.

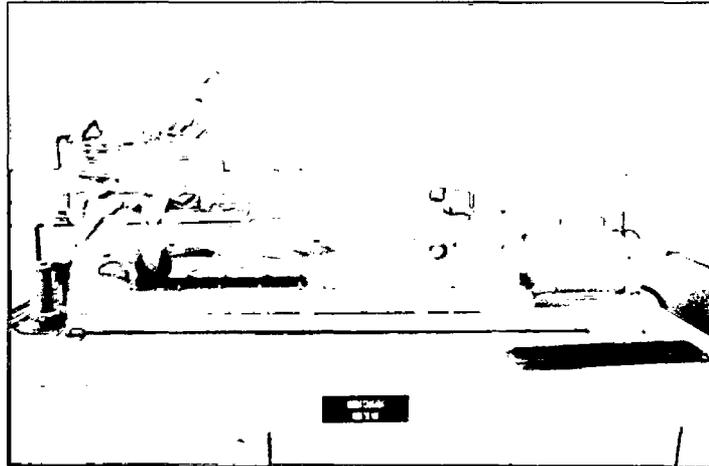


Figura 3.19: Equipo de Rueda Cargada.

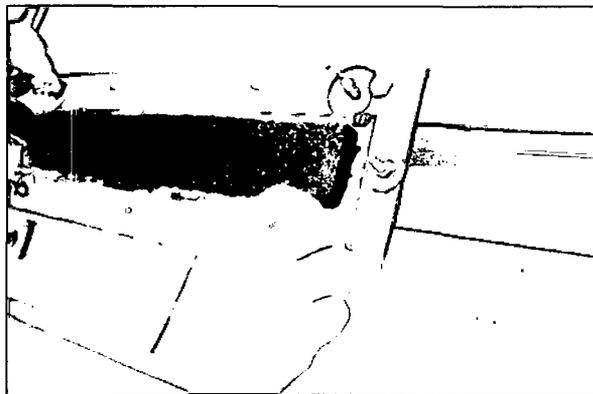


Figura 3.20: Fijación del espécimen al equipo.

- Se enciende la máquina para compactar el espécimen con la rueda de goma de 3" de diámetro con una carga de 57 Kg. por 1000 ciclos a 25 °C.

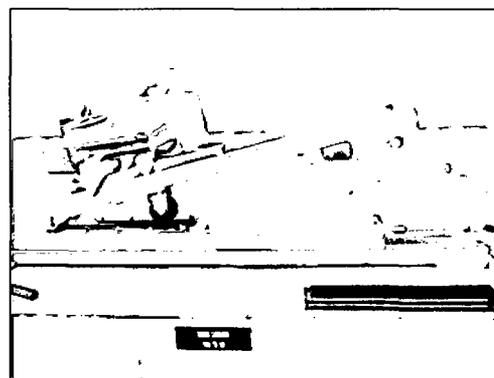


Figura 3.21: Especimen sometido a carga de 57kg en 1000 ciclos.

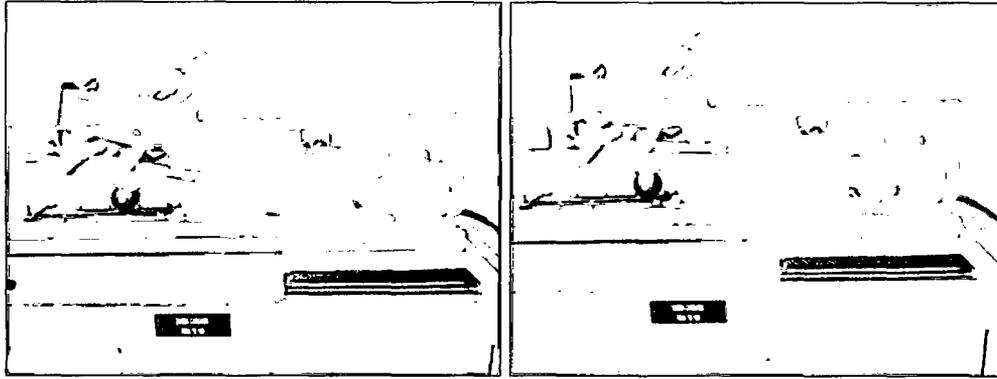


Figura 3.22: Espécimen sometido a carga de 57kg en 1000 ciclos.

- Durante los 1000 ciclos que soporta el espécimen se le puede añadir pequeños chorros de agua para evitar que el asfalto se pegue a la rueda debido al calor.
- Se sigue el mismo procedimiento y se someten así a todos los especímenes al equipo de rueda cargada.
- Luego se colocan en el horno hasta lograr un peso constante.
- Luego de sacar los especímenes del horno se espera a que se enfríen y se pesan. Este es el primer peso registrado.

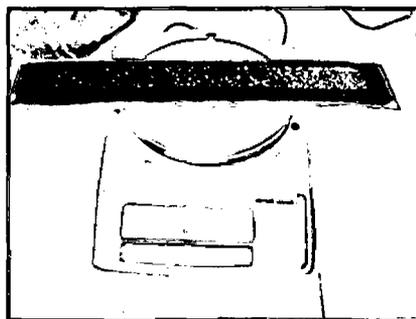


Figura 3.23: Medir el peso de los especímenes.

- Los especímenes son colocados nuevamente en el equipo de rueda cargada. Esta vez serán sometidos a 100 ciclos, pero previamente se verterá sobre ellos arena de Ottawa calentada a 82 °C. La arena se vierte sobre la muestra con la ayuda de un marco para contenerla.

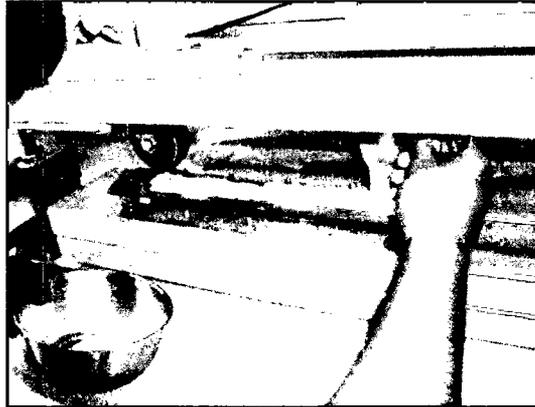


Figura 3.24: Colocación de arena de Ottawa a 82°C.



Antes que empiecen los 100 ciclos, se coloca una cubierta metálica sobre el espécimen regado de arena

Figura 3.25: Colocación de cubierta metálica.

- Luego de los 100 ciclos se retira la muestra del equipo y se limpian con cuidado las partículas sueltas empleando un cepillo suave. Luego de la limpieza se pesa la muestra, este es el segundo peso registrado.

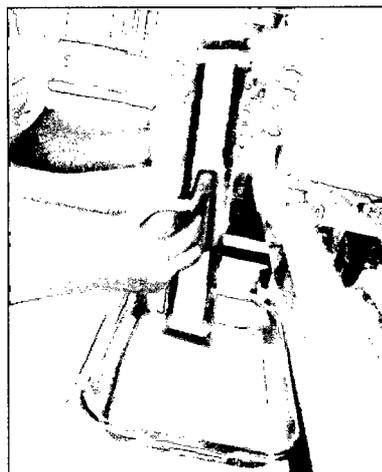


Figura 3.26: Limpieza de la muestra.

- Se calcula para cada espécimen la diferencia entre su segundo y primer peso registrado. Con la diferencia de pesos se obtiene la cantidad de gramos de arena adheridos a la muestra.

5) Ensayo de Desprendimiento en húmedo (ISSA TB 114): El propósito de esta prueba es ayudar a los diseñadores en la selección de un sistema de mortero asfáltico (slurry seal) o micropavimento compatible con un agregado específico, básicamente para determinar la adhesión asfalto-agregado. La formulación de la emulsión, el filler mineral y los aditivos pueden ser evaluados rápidamente en su habilidad de mantener el cubrimiento del árido bajo la condición de la prueba.

Procedimiento:

- Consiste en tomar una muestra curada de 10 gramos de una mezcla representativa (puede ser obtenida del ensayo de consistencia ISSA TB 106, ISSA TB 113 o ISSA TB 139), esta se coloca en un vaso de 600 ml con 400 ml de agua destilada, luego el conjunto es llevado a fuego y dejado hervir durante 3 minutos.



Figura 3.27: Muestra curada llevada a fuego.

- Luego se escurre el agua de la muestra y se deja enfriar. Se deja caer el agua hasta que esta salga clara. Finalmente la muestra se

coloca en un papel absorbente y se estima el área de agregado cubierto con asfalto haciendo un reporte del porcentaje de área cubierta en relación con la superficie del agregado. 90% o mayor es considerado satisfactorio, entre 75 y 90% es considerado marginal y por debajo del 75% insatisfactorio.

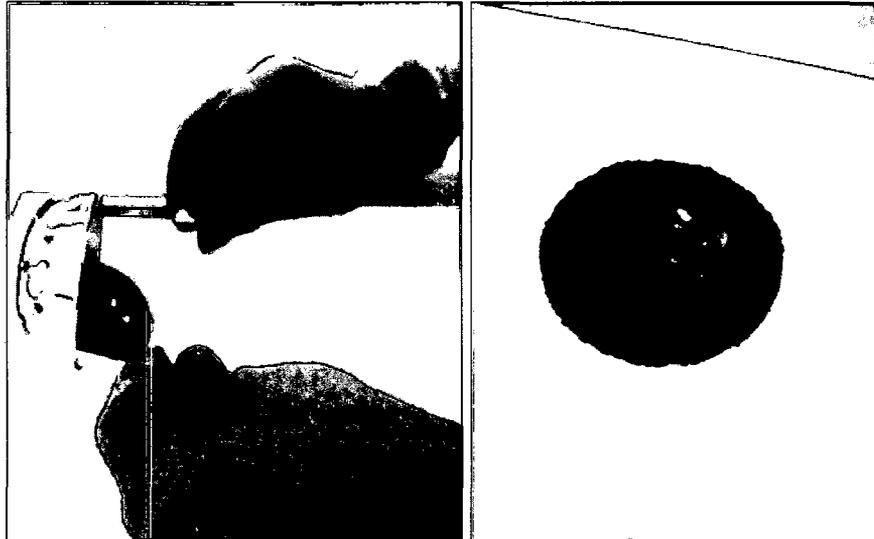


Figura 3.28: Ecurrimiento del agua de la muestra.

6) Ensayo de Pérdida de Abrasión en Húmedo-WTAT (ISSA TB 100): El objetivo de este ensayo es determinar la resistencia de la mezcla al desgaste por abrasión. Esta prueba simula condiciones de abrasión en pavimentos mojados, tales como un vehículo circulando en una curva y frenando. Mediante esta prueba se definen los valores mínimos de emulsión asfáltica necesarios para obtener una mezcla con suficiente cohesión como para resistir la acción abrasiva del tráfico.

Consiste en someter una muestra, previamente curada, en una estufa a temperatura determinada y luego sumergirla en agua a la acción abrasiva de un cilindro de goma duro que gira con un movimiento planetario sobre su superficie durante 6 minutos 45 segundos.

Se define como abrasión a la pérdida de material por unidad de superficie que presenta el espécimen ensayado en las condiciones señaladas.

Para el mortero asfáltico (slurry seal) la pérdida de peso máxima permitida o máxima abrasión permitida es de 807 gr/m².

A continuación un resumen del procedimiento:

- Se fabrican especímenes circulares de 280 mm de diámetro y altura entre 6 y 10 mm, cada espécimen es preparado con una mezcla de 750 gr de agregado seco, filler, el porcentaje de agua óptimo y emulsión asfáltica. Los especímenes deben tener diferentes porcentajes de emulsión, se puede considerar apropiado variar la emulsión de cada mezcla en 1% o 2% obteniendo valores mayores y menores (ver ejemplo de variación de cantidad de emulsión en figura 3.17).

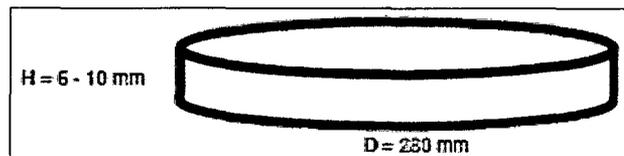


Figura 3.29: Dimensiones de la muestra para ensayo de abrasión en húmedo.

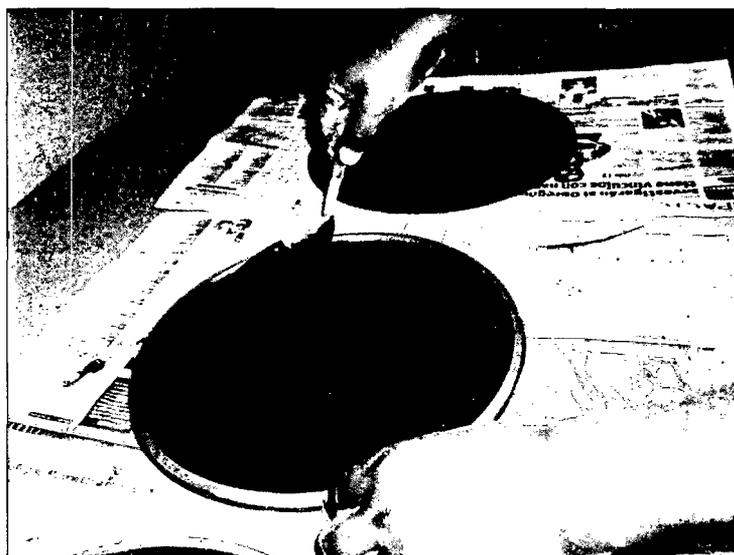


Figura 3.30: Preparación de la muestra. Llenado de moldes de ensayo de Abrasión en húmedo.

El molde está conformado por un anillo metálico y una base metálica.

- Luego que la mezcla rompe se retira el anillo circular que la contiene quedando así cada muestra sobre la base circular metálica. Se coloca ese conjunto en una estufa y se deja curar a 60 °C por 15 horas.



Figura 3.31: Curado de la muestra para ensayo de Abrasión en húmedo.

- Luego de retirar los especímenes del horno se espera que enfríen y se pesan junto con la base circular metálica. Este es el primer peso registrado para cada espécimen.

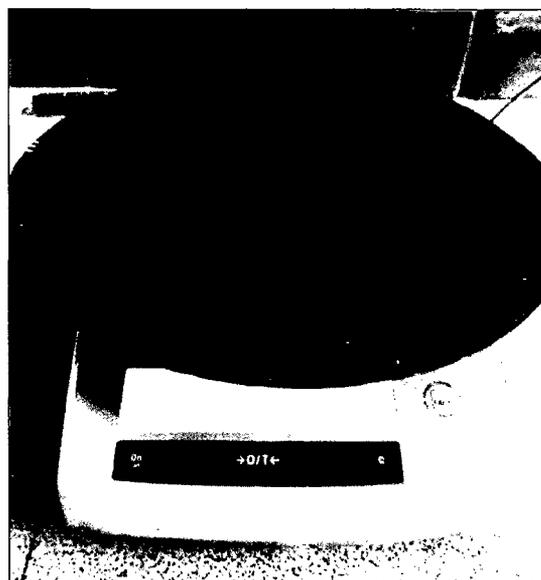


Figura 3.32: Peso de la muestra para ensayo de Abrasión en húmedo.

- Se sumergen 1 hora en agua a 25 °C.

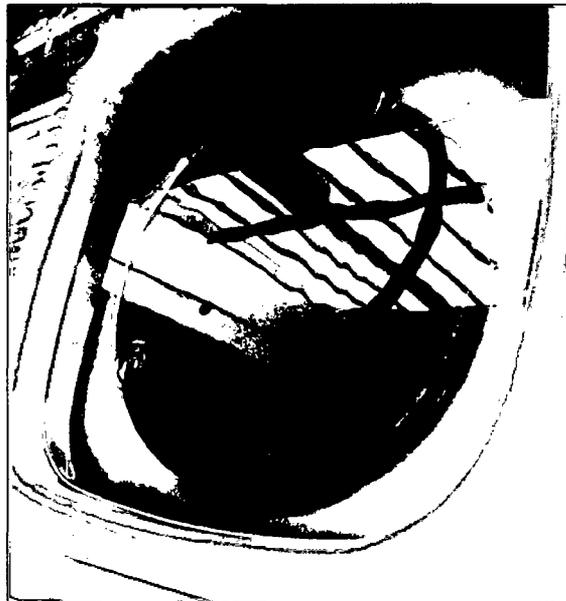


Figura 3.33: Saturación de la muestra.

- Se coloca un espécimen en el equipo de abrasión, el cual tiene sujeto en el cabezal un cilindro de goma dura. El espécimen es cubierto de agua, se apoya el cilindro de goma sobre su superficie y se pone en marcha la máquina de abrasión a una velocidad determinada durante un periodo de 6 minutos con 45 segundos.

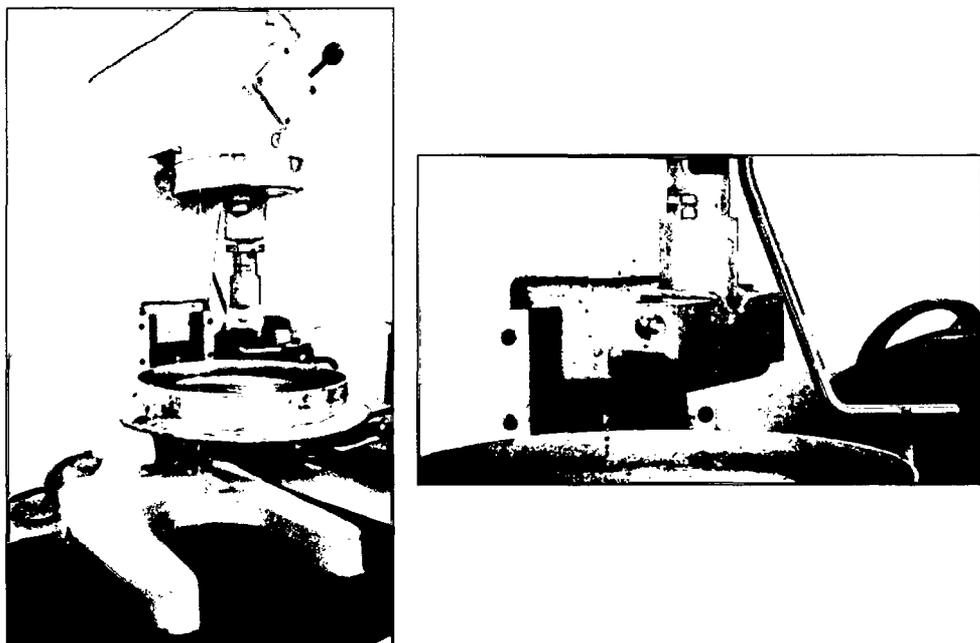


Figura 3.34: Equipo de Abrasión en húmedo. Cabezal (forma de T invertida) con cilindro de goma dura.



Figura 3.35: Ensayo de Abrasión en húmedo.

- Luego que cada espécimen es sometido al equipo de abrasión es colocado en una estufa a 60 °C hasta lograr su peso constante, este es el segundo peso registrado. Para determinar la abrasión de cada espécimen se calcula la diferencia entre su primer y su segundo peso registrado.

3.1.5.3. Proceso para la optimización de filler.-

Este procedimiento es importante ya que el filler da a la mezcla mejor cohesión. La presencia del filler en la mezcla aumenta la viscosidad y le da a ésta consistencia adecuada. Un exceso de filler puede acarrear una elevada rigidización, lo cual puede originar un empeoramiento de flexibilidad, cohesión y durabilidad.

Por estas razones es recomendable seguir un proceso por el cual optimizaríamos el filler en la mezcla.

Procedimiento:

- Preparar recipientes con 400gr de agregado seco y agregar filler en cada recipiente. La cantidad de filler varía en cada recipiente, de tal forma que se puede hacer uno con la cantidad que aprobó el ensayo de Tiempo de Mezcla y los demás varían aumentando o disminuyendo a este valor. Un valor aceptable para aumentar y disminuir puede ser 0.5%.

- Agregar agua y emulsión asfáltica en cada uno de los recipientes.
- Con la mezcla de cada recipiente se preparan los especímenes descritos para el ensayo de cohesión- ISSA TB 139 (ver ítem 3 de la sección 3.1.5.2 de este capítulo). Los especímenes son probados en diferentes tiempos: al momento de la ruptura superficial de la mezcla y a los 30, 60 y 90 minutos posteriores a la ruptura.
- Como resultado, se obtendrán valores de cohesión a distintos tiempos para mezclas con distintas cantidades de filler. De esta forma, para distintos intervalos de tiempo se obtienen gráficas Cohesión vs Cantidad de filler y comparando las gráficas se determina la cantidad de filler que genera los mayores valores de cohesión, siendo esa la cantidad considerada óptima (como ejemplo, ver gráficas de contenido óptimo de filler en anexos B y D).

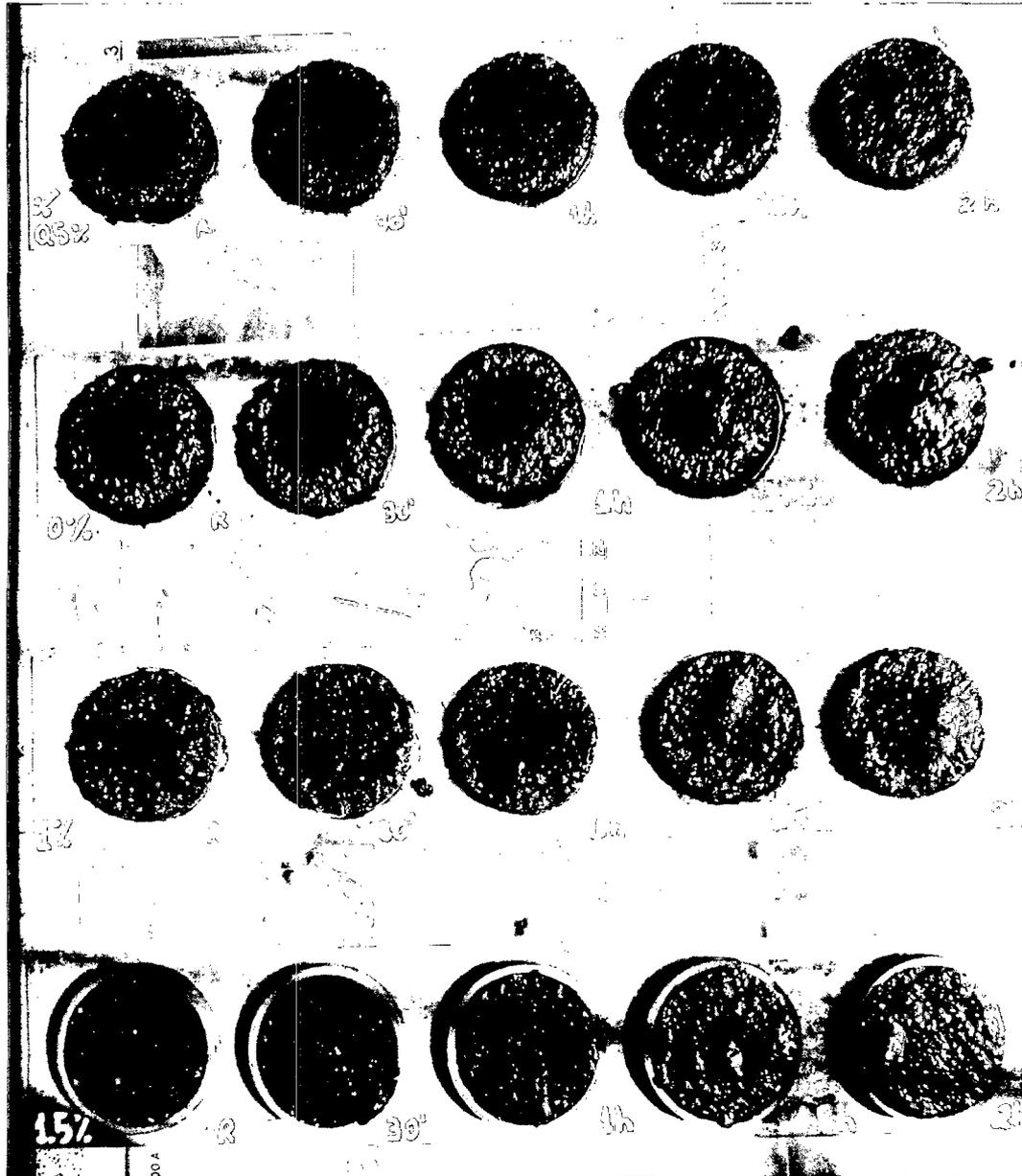


Figura 3.36: Muestras para el proceso de optimización de filler.

En la imagen se observa un ejemplo de cómo se han ido variando los porcentajes de filler (0%, 0.5%, 1% y 1.5%). Para cada porcentaje de filler se han preparado 5 moldes para ser ensayados al momento de la ruptura superficial de la mezcla y a los 30, 60, 90 y 120 minutos posteriores a la ruptura.

3.1.5.4. Procedimiento de diseño.-

1) Hallar, según la granulometría del agregado, el porcentaje de Asfáltico Teórico (AT). Para ello es empleado el método de cálculo Duriez. Con el cual se aplica la siguiente fórmula³:

$$SE = \frac{1}{100} (0.342 G + 1.92 g + 15.33 K + 118F)$$

SE = Superficie Específica

G = % Retenido entre tamiz 3/8 y #4

g = % Retenido entre tamiz #4 y #50

K = % Retenido entre #50 y #200

F = % Pasa #200

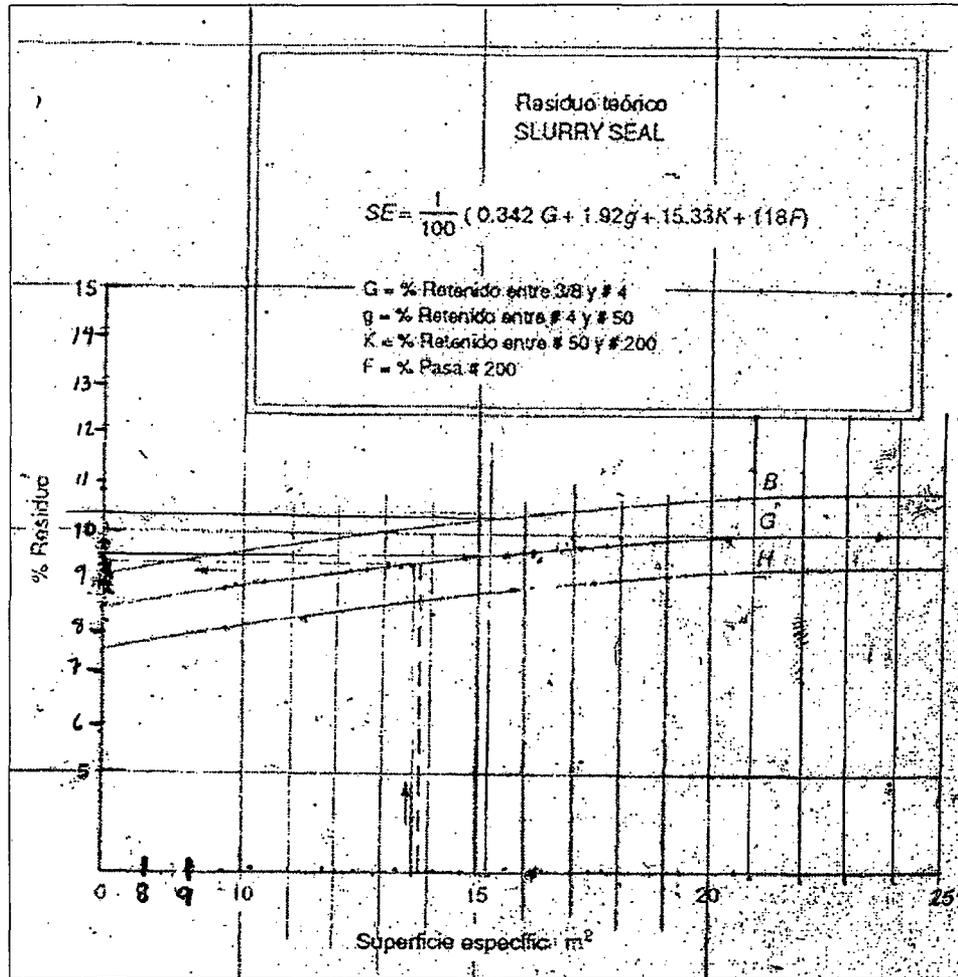
Una vez hallada la superficie específica (SE) se halla en la gráfica el porcentaje de Asfáltico teórico. (Ver Figura 3.37) Según las gráficas B, G o H. Dónde:

B= Materiales con bajo Equivalente de Arena y absorción alta

G= Materiales con propiedades promedio

H= Materiales con alto Equivalente de Arena y absorción baja

³ RIVERA, GUSTAVO; "MORTERO ASFÁLTICO, SLURRY SEAL", 1997. Pág. 15



Fuente: RIVERA, GUSTAVO; "MORTERO ASFÁLTICO, SLURRY SEAL", 1997. Pág. 16

Figura 3.37: Gráfica para hallar asfalto teórico (AT) en morteros.

2) Se halla el porcentaje de emulsión asfáltica teórica (EAT). Para ello se debe conocer las características de la emulsión que se pretende emplear en el diseño. Se aplica la siguiente fórmula:

$$EAT = 100 \left(\frac{AT}{RA} \right)$$

Dónde:

EAT= Emulsión Asfáltica Teórica

AT = Asfalto Teórico (Hallado del Paso anterior)

RA = Residuo Asfáltico (De la emulsión que se pretende usar en el diseño)

3) Con la emulsión asfáltica teórica hallada (EAT) se realiza el ensayo de Tiempo de Mezcla (ISSA TB 113).

4) Se realiza el ensayo de Consistencia del Mortero Asfáltico (ISSA TB 106) empleando la cantidad de emulsión asfáltica teórica (EAT). Con este ensayo se halla el contenido óptimo de agua.

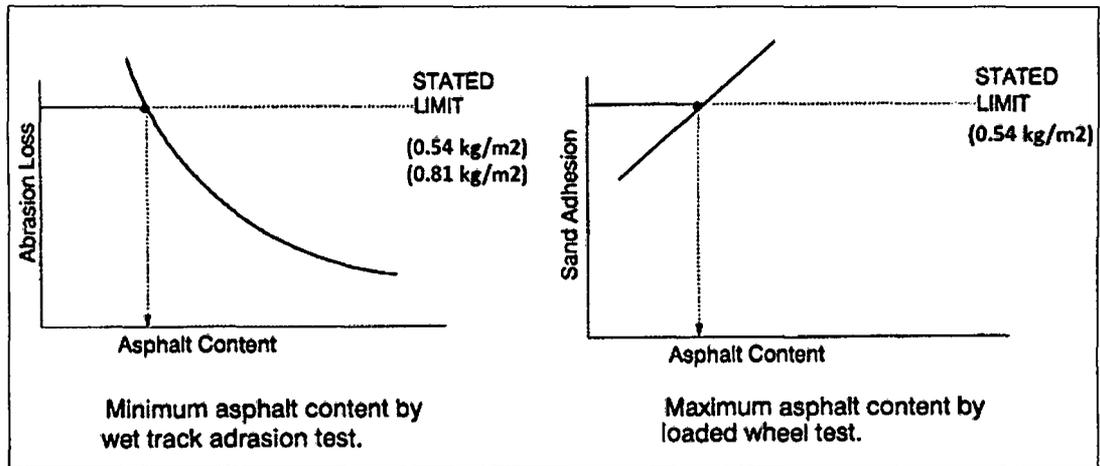
5) Se puede realizar el proceso de optimización de Filler. (Ver sección 3.1.5.3 de este capítulo).

6) Realizar el ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) empleando la cantidad de emulsión asfáltica teórica (EAT) y el valor de filler que aprueba el ensayo de Tiempo de Mezcla (ISSA TB 113) o el hallado en el proceso de optimización de filler.

7) Se realiza el ensayo Desprendimiento en húmedo (ISSA TB 114).

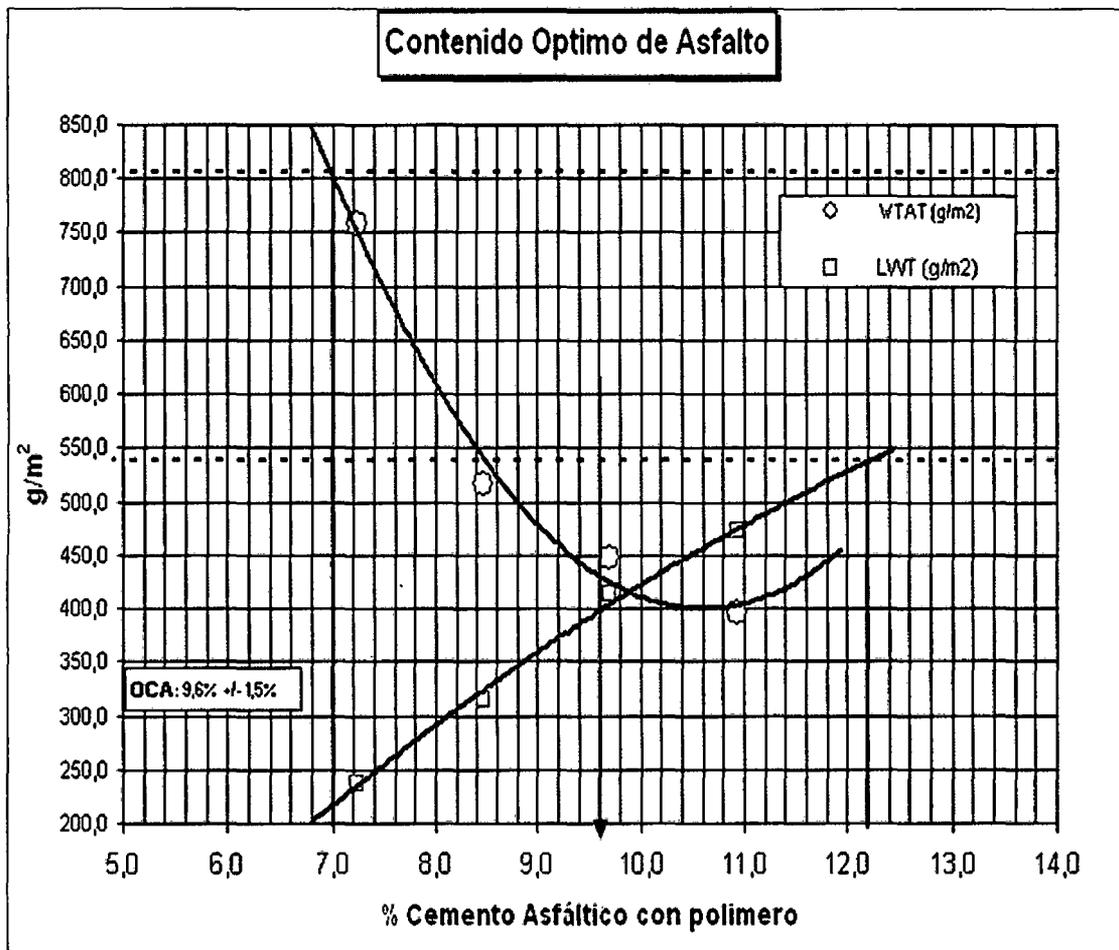
8) Se realizan los ensayos de Rueda Cargada (ISSA TB 109) y Abrasión en Húmedo (ISSA TB 100). Los especímenes de ambos ensayos son realizados con el porcentaje óptimo de agua (del ensayo de Consistencia del Mortero Asfáltico-ISSA TB 106) y con la cantidad de filler que aprueba el ensayo de Tiempo de Mezcla (ISSA TB 113) o el hallado en el proceso de optimización de filler. Con respecto a la cantidad de emulsión, es apropiado que en cada ensayo se pruebe un espécimen que contenga la cantidad de emulsión asfáltica teórica (EAT) y los demás especímenes pueden variar su contenido de emulsión en 2%, ver ejemplo en la figura 3.17.

9) Se grafican los resultados de los ensayos Rueda Cargada (ISSA TB 109) y Abrasión en Húmedo (ISSA TB 100) y se superponen (ver figuras 3.38 y 3.39), luego se halla el contenido óptimo de emulsión por el método del área.



Fuente:ISSA,"Guide Design Procedure for Slurry Seal" – ISSA TB 111, 1990. Pág. 3

Figura 3.38: Gráficas de resultados de ensayos de Abrasión en Húmedo (WTAT) y de Rueda cargada (LWT).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.39: Superposición de gráficas de ensayos de Abrasión en Húmedo (WTAT) y de Rueda cargada (LWT).

El método del área consiste en trazar dos líneas paralelas al eje vertical, una línea en el punto donde la gráfica LWT cruza el máximo valor permitido (538 g/m^2 , de acuerdo a recomendación ISSA), y otra línea donde la gráfica WTAT cruza el máximo valor permitido (de acuerdo a ISSA, lo recomendado para morteros asfálticos es 807 g/m^2 y para micropavimentos 538 g/m^2 si las muestras son sumergidas en agua 1 hora o 807 g/m^2 si son sumergidas 6 días).

Luego se determinan los puntos del eje horizontal (eje "x") donde cruzan cada una de las dos líneas trazadas. La mitad del rango que delimiten estos dos puntos es el contenido óptimo de emulsión asfáltica.

La figura 3.39 muestra un ejemplo para la superposición de graficas de los resultados de ensayos LWT y WTAT de una mezcla de mortero asfáltico.

10) Se puede repetir el ensayo de Cohesión (ISSA TB 139) empleando esta vez la cantidad óptima de emulsión, la cantidad óptima de agua y la cantidad óptima de filler. Este valor es muchas veces requerido en obra para indicar luego de cuánto tiempo rompe la mezcla.

3.1.5.5. Tolerancias en materiales.-

La "Guía recomendada de cumplimiento para morteros de emulsiones asfálticas" (ISSA A105) determina las siguientes tolerancias para materiales componentes de mezcla de mortero asfáltico (slurry seal):

- Después de que el contenido residual de asfalto es determinado, una variación de $\pm 1\%$ por peso de agregado seco será permitida.
- El porcentaje de agregado que pasa cada tamiz estará dentro del rango de tolerancia según lo indicado.

3.2. MICROPAVIMENTO (MICROSURFACING)

3.2.1. Definición

El Micropavimento (Microsurfacing) consiste en mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral, filler mineral, agua y otros aditivos, correctamente proporcionados, mezclados y esparcidos en una superficie pavimentada.

La mezcla debe ser capaz de ser esparcida en diferentes secciones transversales gruesas (cuñas, roderas, capaz de nivelación y superficie) que, después de rotura y consolidación de tráfico inicial, resista la compactación. El producto final debe mantener una superficie resistente al derrape (alto coeficiente de fricción al mojado) en secciones de diferente espesor a lo largo de la vida útil del Micro-Pavimento.

La mezcla debe ser un sistema de tráfico rápido, significando que debe estar abierta al tráfico luego de un corto periodo de tiempo. La cantidad de tiempo varía de trabajo en trabajo y debe ser evaluada en base a cada trabajo individual.

Normalización:

Su diseño y aplicación están normalizados por:

- ISSA (International Slurry Surfacing Association), ISSA A143 "Guía recomendada de cumplimiento para micropavimentos" (Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing)
- ASTM (American Society for Testing and Materials), ASTM D 6372

3.2.2. Usos más comunes

Como tratamiento superficial el micropavimento ofrece protección al pavimento subyacente y mejora los valores de fricción superficial. Los emulsivos especiales empleados en las emulsiones de los micropavimentos contribuyen a las características de rápida rotura. Bajo condiciones promedio, se requieren

formulaciones que permitan la liberación de la superficie al tránsito normal en una hora.

Las aplicaciones de micropavimento en espesores hasta de 13 mm están diseñadas para aceptar tráfico dentro de una hora después de su aplicación. El micropavimento puede ser colocado en espesores de hasta 38mm, siendo recomendable realizarlo en capas o pases.

Entre algunos de los beneficios del micropavimentos se incluyen:

- Rápida rotura, rápida liberación al tránsito.
- La rotura química permite aplicación durante toda la noche
- Es adecuado para carreteras de acceso controlado de alto volumen de tráfico.
- La capa inicial seguida de una capa de terminación provee un reperfilado menor y una nueva superficie de rodamiento.
- Recuperación de ahuellamientos. El relleno de huellas seguido de una capa de terminación provee un apropiado drenaje y reduce la posibilidad de hidroneo del vehículo. Se ha demostrado en muchas ciudades estadounidenses que cuando es diseñado y construido apropiadamente y usado sobre pavimentos estructuralmente sólidos, el micro-pavimento se ha comportado bien, al resistir la formación de ahuellamientos de 4 - 7 años bajo variadas condiciones de clima y tráfico⁴.

En la "Guía recomendada de cumplimiento para micropavimentos" (ISSA A143) se sugieren tasas de aplicación según la ubicación. La mezcla de Micropavimento deberá ser de consistencia adecuada en todo momento, de tal manera que provea la tasa de aplicación requerida por la condición superficial.

La tasa de aplicación promedio puede estar de acuerdo con la siguiente tabla:

⁴ US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION-FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION; "STATE OF THE PRACTICE DESIGN, CONSTRUCTION, AND PERFORMANCE OF MICROSURACING", 1994. Pág. 44

Tabla 3.7: Tasas de aplicación para micropavimentos

TIPO DE AGREGADO	UBICACIÓN	TASA DE APLICACIÓN SUGERIDA
Tipo II	Vías Urbanas y Residenciales Pistas de Aeropuerto	10 - 20 lb/yd ² (5.4 - 10.8 kg/m ²)
Tipo III	Vías Primarias e Interestatales Bacheo	15 - 30 lb/yd ² (8.1 - 16.3 kg/m ²)

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing" – ISSA A 143, 2005. Pág. 7

Las tasas de aplicación sugeridas están basadas en el peso de agregado seco en la mezcla. Las tasas de aplicación están afectadas por el peso unitario del agregado.

3.2.3. Componentes de la mezcla y pruebas de calidad

Los siguientes especificaciones y recomendaciones fueron obtenidos de la "Guía recomendada de cumplimiento para micropavimentos" (A143-Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing) de la Asociación Internacional de recubrimientos de mortero asfáltico (ISSA - International Slurry Surfacing Association)

3.2.3.1. Emulsión asfáltica

La emulsión asfáltica será modificada con polímeros y deberá cumplir los requerimientos de AASHTO M 208 o ASTM D 2397 para CQS-1h, además deberá cumplir lo indicado en las tablas 3.8 y 3.9.

El polímero deberá ser molido o mezclado en el asfalto o en la solución del emulsificante antes del proceso de emulsificación.

La cantidad mínima y el tipo de polímero modificador serán determinados por el laboratorio que realice el diseño de mezcla. La cantidad mínima requerida estará basada en el peso del asfalto y será certificado por el proveedor de emulsión. En general, un tres por ciento (3%) de polímero sólido, basado en el peso del asfalto, es considerado mínimo.

La prueba de sedimentación de cinco (5) días puede ser obviada, siempre y cuando la emulsión almacenada para el trabajo es usada dentro de treinta y seis (36) horas desde el tiempo de despacho, o que el material almacenado fue mezclado con emulsión adicional antes del uso.

a) Pruebas de Calidad –

Tabla 3.8: Pruebas de calidad para emulsiones a emplear en micropavimentos

	AASHTO	ASTM	ESPECIFICACIÓN
<i>Pruebas a la Emulsión</i>			
Residuo luego de la Destilación	AASHTO T59	ASTM D244	62% Mínimo

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing" – ISSA A 143, 2005. Pág. 3

La temperatura para esta prueba debe ser mantenida por debajo de los 280°F (138°C). Mayores temperaturas pueden causar que los polímeros se degraden.

Tabla 3.9: Pruebas de calidad para emulsiones a emplear en micropavimentos

NO. DE PRUEBA AASHTO	NO. DE PRUEBA ASTM	PRUEBAS EN RESIDUO	ESPECIFICACIÓN
AASHTO T53	ASTM D36	Punto de ablandamiento	135°F (57°C) mínimo
AASHTO T49	ASTM 2397	Penetración a 77°F (25°C)	40 – 90*
	ASTM 2170	Viscosidad cinemática a 275°F (135°C)	650 cST/seg mínimo

*Deben ser consideradas las condiciones climáticas al determinar este rango

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing" – ISSA A 143, 2005. Pág. 3

3.2.3.2. Agregados

- a) Generalidades –** El agregado deberá ser de tipo especificado para uso particular de micropavimento. El agregado será piedra chancada como granito, escorias, caliza u otros agregados de alta calidad o combinación

de éstos. Para asegurar que el material está totalmente triturado, 100% de los agregados padres serán más grandes que la piedra más grande en la gradación a ser usada.

b) Pruebas de Calidad – El agregado cumplirá los siguientes requisitos:

Tabla 3.10: Pruebas de calidad en agregados a emplear en micropavimentos

AASHTO	ASTM	ENSAYO	ESPECIFICACIÓN
AASHTO T176	ASTM D2419	Equivalente Arena	65 Mínimo
AASHTO T104	ASTM C88	Durabilidad	15% Máximo usando Na ₂ SO ₄ 25% Máximo usando MgSO ₄
AASHTO T96	ASTM C131	Resistencia a la Abrasión	30% Máximo

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing" – ISSA A 143, 2005. Pág. 4

El ensayo de abrasión es realizado sobre el agregado antes que éste sea triturado. El agregado debe tener valores de pulido aprobados.

c) Granulometría - Ensayado el material según AASHTO T27 (ASTM C136) y AASHTO T11 (ASTM C117), la granulometría del agregado (incluyendo el filler mineral) estará dentro de uno de los siguientes husos:

Tabla 3.11: Husos granulométricos para micropavimentos

TAMIZ	TIPO II Porcentaje Pasante	TIPO III Porcentaje Pasante	TOLERANCIA
3/8" (9.5 mm)	100	100	
#4 (4.75 mm)	90-100	70-90	+ 5%
#8 (2.36 mm)	65-90	45-70	+ 5%
#16 (1.18 mm)	45-70	28-50	+ 5%
#30 (600 um)	30-50	19-34	+ 5%
#50 (330 um)	18-30	12-25	+ 4%
#100 (150 um)	10-21	7-18	+ 3%
#200 (75 um)	5-15	5-15	+ 2%

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing" – ISSA A 143, 2005. Pág. 4

En la granulometría del diseño de mezcla, el porcentaje pasante de cada tamiz puede variar dentro de la tolerancia especificada en el cuadro anterior.

Si los ensayos muestran el material fuera se puede descartar el material o mezclarlo con otros agregados para traerlo dentro de las especificaciones.

Los materiales usados en la mezcla deben pasar las pruebas de calidad antes del mezclado y ser mezclados de una forma que produzcan granulometría constante.

El zarandeado será requerido si hay algún problema por tener material que exceda el límite de tamaño en la mezcla.

3.2.3.3. Filler mineral

De ser requerido, será de una reconocida marca de cemento portland ó cal hidratada que esté libre de terrones. Puede ser aceptado con tan solo inspección ocular. El tipo y cantidad de filler mineral necesitado será determinado por un diseño de mezcla de laboratorio y será considerado como parte de la gradación del agregado. Una variación de $\pm 1\%$ puede ser permitido, cuando el micropavimento está siendo aplicado, si se encuentra que es necesario mejorar la consistencia o tiempo de rotura.

3.2.3.4. Agua

El agua será libre de sales y contaminantes dañinos.

3.2.3.5. Aditivos

Se pueden agregar aditivos a la mezcla de emulsión con el fin controlar las propiedades y obtener un tráfico rápido. Deben ser incluidos como parte del diseño de mezcla y ser compatibles con los otros componentes de la mezcla.

3.2.4. Ensayos complementarios a los componentes de la mezcla

Ver sección 3.1.4 del presente capítulo.

3.2.5. Evaluación en laboratorio

Debe ser realizado por un laboratorio que tenga experiencia en el diseño de micropavimentos.

3.2.5.1. Generalidades

El diseño debe verificar agregado, emulsión modificada con polímero, filler mineral y otros aditivos. A continuación se muestran Ensayos y valores recomendados por la Asociación Internacional de recubrimiento asfáltico "ISSA" (International Slurry Surfacing Association) en su "Guía recomendada de cumplimiento para micropavimentos" (ISSA A143):

Tabla 3.12: Ensayos para diseño de mezcla de micropavimentos

ISSA TEST N°	DESCRIPCION	ESPECIFICACIÓN
ISSA TB 139 (Para sistemas de tráfico rápido)	Cohesión en húmedo 30 minutos mínimo - Rotura Cohesión en húmedo 60 minutos mínimo	12 kg-cm Mínimo 20 kg-cm Mínimo
ISSA TB 109 (Solo para áreas de tráfico pesado)	Exceso de Asfalto por LWT Adhesión de Arena (Excess Asphalt by LWT Sand Adhesión)	50 g/ft2 Máximo (538 g/m2 Máximo)
ISSA TB 114	Desprendimiento en Húmedo (Wet Stripping)	Pasante (90% Mínimo)
ISSA TB 100	Pérdida de Abrasión en húmedo, Remojar 1 hora (Wet-Track Abrasion Loss, One-hour Soak)	50 g/ft2 (538 g/m2) máximo

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing" – ISSA A 143, 2005.
Pág. 6

La prueba de Abrasión en Húmedo es realizada bajo condiciones de laboratorio como componente del proceso de diseño de mezcla. El propósito de esta prueba es determinar el mínimo contenido de asfalto en el sistema. Algunos sistemas requieren mayores lapsos de tiempo para que el asfalto se adhiera a las piedras.

Tabla 3.13: Límites de ensayos para diseño de mezcla de micropavimentos

NO. PRUEBA ISSA	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
ISSA TB-147	<u>Desplazamiento Lateral</u>	5% máximo
	Gravedad específica luego de 1000 ciclos de 125 libras (56.71 kg)	2.10 máximo
ISSA TB-144	<u>Clasificación Compatibilidad</u>	11 Puntos de Grado mínimo (AAA, BAA)
ISSA TB-113	<u>Tiempo de Mezclado @ 77°F (25°C)</u>	Manejable a 120 segundos mínimo

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing" – ISSA A 143, 2005. Pág. 6

La prueba de mezcla es usada para predecir cuánto tiempo el material se puede mezclar en la máquina antes de que empiece a romperse.

La prueba de mezclado y prueba de tiempo fijo deberían ser realizadas a las mayores temperaturas esperados durante la construcción.

El informe de laboratorio debe mostrar claramente las proporciones de agregado, filler mineral, agua, aditivo(s) empleado (s), y emulsión asfáltica modificada con polímero basada en peso de agregado seco.

Todas las cantidades usadas en el diseño de mezcla serán representativas de los materiales que, propuestos por el contratista, se usarán en el proyecto. Pueden ser requeridos ajustes durante la construcción basados en las condiciones de campo.

Los materiales componentes estarán dentro de los límites siguientes:

Tabla 3.14: Límites de los materiales componentes del micropavimento

COMPONENTE MATERIAL	LÍMITES
Asfalto Residual	5.5 a 10.5% (5) por peso en seco del agregado
Filler Mineral	0.0 a 3% por peso en seco del agregado
Modificador Basado en Polímero	Mínimo de 3% sólidos basados en contenido en peso de bitumen
Aditivos	Según se necesite
Agua	Según se requiera para producir la consistencia correcta de la mezcla

Fuente: ISSA, "Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing" – ISSA A 143, 2005. Pág. 7

3.2.5.2. Descripción de ensayos

A continuación se describe el procedimiento a seguir en cada uno de los ensayos según las normas de ISSA (International Slurry Surfacing Association)

1) Tiempo de Mezcla (ISSA TB 113): Esta prueba es el primer paso en el diseño de mezclas micropavimento. El objetivo de este ensayo es hallar las cantidades de filler y aditivo que dan un tiempo de trabajabilidad de mezcla mayor a 2 minutos. Básicamente la utilidad de este ensayo y el procedimiento a seguir es similar a lo descrito para las mezclas de mortero asfáltico, con la diferencia que para los morteros asfálticos el ensayo se realiza variando el porcentaje de filler y para micropavimentos el ensayo se realiza variando el porcentaje de filler y de aditivo.

Procedimiento:

- Preparar recipientes con 200 gr de material.
- En cada recipiente agregar filler y aditivo en diferentes porcentajes, puede ser apropiado variaciones de filler desde 0.1% entre cada recipiente (ver ejemplo en los formatos de pruebas de los anexos C y E). Generalmente el filler es usado hasta 3% con respecto al peso de agregado seco y el aditivo es considerado según sea necesario.

- Añadir agua y emulsión asfáltica a cada recipiente. Mezclar.
- Cronometrar el tiempo de trabajabilidad de cada mezcla, este debe ser mayor a 2 minutos, es decir, antes de ese tiempo la mezcla no debe romper.
- Comparar el tiempo trabajable obtenido en cada mezcla a fin de determinar las cantidades de aditivo y filler con las que se tiene trabajabilidad mayor a los 2 minutos.

2) Ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139): El objetivo de este ensayo y el procedimiento a seguir es similar a lo descrito para las mezclas de mortero asfáltico, con la diferencia que los especímenes de morteros asfálticos se realizan con el porcentaje de agua que determina el ensayo de Consistencia (ISSA TB 106) y los especímenes de micropavimentos se realizan con el porcentaje de agua y aditivo que determina el ensayo de Tiempo de Mezcla (ISSA TB 113).

Procedimiento:

- Preparar un recipiente con 400 gr de agregado seco.
- Agregar la cantidad de filler que aprobó el ensayo de Tiempo de Mezcla.
- Añadir el porcentaje de agua y aditivo hallado en el ensayo de Tiempo de Mezcla.
- Añadir la emulsión asfáltica. Mezclar todo el contenido del recipiente.
- Preparar con la mezcla varios especímenes: Verter la mezcla en anillos metálicos de 60 mm de diámetro con espesores de 6 y 10 mm. Una vez producida la ruptura de la emulsión se retira el anillo y se someten los especímenes al ensayo de cohesión propiamente.

El equipo es el mismo que el empleado en el caso del mortero asfáltico (slurry seal), el procedimiento en el equipo es como sigue:

- Los especímenes son probados a 0, 30 y 60 minutos después de la rotura de la mezcla, para ello son posicionados bajo el brazo de un cilindro neumático cuyo vástago metálico tiene en una pieza de neopreno de una pulgada de diámetro. El vástago metálico es bajado al espécimen a velocidad aproximada de 8 a 10cm por segundo, con lo cual se aplica una presión con el cilindro neumático de 25 PSI (200 KPA), finalmente se toma lectura del valor de torque obtenido.

Todos los micropavimentos deben ser diseñados como sistemas de curado rápido y de apertura rápida al tránsito, esto significa que alcanzan 20 kg-cm dentro de 1 hora.

3) Ensayo de Rueda Cargada-LWT (ISSA TB 109): El procedimiento a seguir es el mismo que el descrito en el ítem 4 de la sección 3.1.5.2 del presente capítulo, con la diferencia que en la preparación de las muestras se consideran los porcentajes de agua y aditivo obtenidos del ensayo de Tiempo de Mezcla (ISSA TB 113), mientras que en el caso de los morteros asfálticos las muestras se preparan con el porcentaje de agua obtenido en el ensayo de Consistencia (ISSA TB 106).

ISSA recomienda un valor máximo de adhesión de arena de 538 gr por metro cuadrado.

Para la preparación de las muestras del ensayo:

- Se fabrican especímenes de dimensiones: 50mm x 375 mm, cada uno es preparado con una mezcla de 450 gr de agregado seco y los porcentajes de filler, agua y aditivo que aprobó el ensayo de Tiempo de Mezcla. Los especímenes deben tener diferentes porcentajes de emulsión, se puede considerar apropiado variar la emulsión de cada mezcla en 1% o 2% obteniendo valores mayores y menores (ver ejemplo en figura 3.17).

4) Ensayo de Desprendimiento en Húmedo (ISSA TB 114): El objetivo de esta prueba y el procedimiento a seguir es el mismo descrito en el ítem 5 de la sección 3.1.5.2 del presente capítulo.

5) Ensayo de Pérdida de Abrasión en Húmedo – WTAT (ISSA TB 100): El objetivo de esta prueba y el procedimiento a seguir es el mismo descrito en el ítem 6 de la sección 3.1.5.2 del presente capítulo, con las siguientes consideraciones para las mezclas de micropavimentos:

- Para la preparación de los especímenes de ensayo se consideran los porcentajes de filler, agua y aditivo que aprobó el ensayo de Tiempo de Mezcla.
- Para micropavimentos la pérdida de peso máxima permitida será de 0.538 Kg/m² para los casos donde la muestra se sumerge en agua 1 hora y 0.807 Kg/m² cuando se sumerge 6 días.

3.2.5.3. Procedimiento de diseño

El procedimiento de diseño es el mismo descrito para los morteros asfálticos, con las siguientes consideraciones:

- La cantidad de agua que llevará la mezcla se determina en el ensayo Tiempo de Mezcla (ISSA TB 113), por lo que no es necesario en paso 4.
- Los especímenes de los ensayos Pérdida de Abrasión en Húmedo – WTAT (ISSA TB 100) y Rueda Cargada-LWT (ISSA TB 109) son preparados con la cantidad de agua que determina el ensayo Tiempo de Mezcla (ISSA TB 113)

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS A EMPLEAR EN LOS DISEÑOS DE MEZCLAS

4.1. RECOLECCIÓN DE AGREGADOS

Para el diseño de mezclas de mortero asfáltico, por experiencias de laboratorio, se recomienda tener como mínimo 30 kg de agregado seco que pase la malla 3/8". Es por ello que al visitar cada cantera se debe calcular (según la gradación que se observe de dicho material) cuanto de material será necesario retirar para que obtener esos 30 kg de material con tamaño menor a 3/8". Además, al momento de retirar material de las canteras, hay que considerar la humedad que presenta el agregado de tal forma que se tenga como mínimo 30kg de agregado seco para el diseño de mezcla. Se puede estimar el contenido de humedad del material para saber aproximadamente cuanto peso de material se reducirá al secarse el agua y así tener idea de la cantidad que debe ser retirada de la cantera para que lograr los 30 kg.

Otro factor importante a considerar es que para el diseño de mezclas con agregado triturado, de contar con canteras de material natural, se deberá retirar una cantidad suficiente a fin que luego de la trituración se obtengan 30kg como mínimo.

Para el diseño de mezclas de micropavimento, por experiencias de laboratorio, es recomendable tener como mínimo 50 kg de agregado triturado seco que pase la malla 3/8". La cantidad es mayor a la recomendada para morteros asfálticos ya que el diseño de la mezcla de micropavimento es más exigente y muchas veces los especímenes de ensayo no aprueban las especificaciones siendo entonces necesario reformular la emulsión y hacer nuevamente todo el proceso de diseño. Al retirar el material de la cantera se debe considerar lo mencionado anteriormente: la pérdida de peso que se tendrá al secarse el agregado, la pérdida que habrá al tamizar el material y quedarnos sólo con lo menor a 3/8" y la pérdida que se tendrá al triturar el agregado.

Con el material de las canteras elegidas de la carretera IIRSA Norte se realizaron los diseños de mezclas de mortero asfáltico y de micropavimento. Para la recolección de agregados fueron tomadas en cuenta todas las consideraciones citadas anteriormente.

4.2. CARACTERIZACIÓN EN LABORATORIO DE AGREGADOS

Se caracterizan los agregados mediante las pruebas de calidad:

- Análisis Granulométrico
- Resistencia a la Abrasión
- Equivalente Arena
- Durabilidad
- Valor de Azul de Metileno

Para los fines de esta investigación, se realizan diseños de mezcla de morteros asfálticos y micropavimentos cuya granulometría encaje en el huso tipo II (ver tablas 3.4 y 3.11 del capítulo anterior).

Tabla 4.1: Volumen y Tipo de tráfico

Tratamiento	Granulometría	Volumen			Velocidad	
		Liviano-Medio	Medio-Pesado	Pesado-Muy pesado	Baja	Alta
Mortero asfáltico	Tipo II*	x			x	
	Tipo III	x				x
Mortero asf. modificado con polímeros	Tipo II*		x		x	
	Tipo III		x			x
Micropavimento	Tipo II*			x	x	
	Tipo III			x		x

*Recomendado también para su aplicación en aeropuertos

Fuente: RIVERA E., GUSTAVO, "Mortero asfáltico, Slurry Seal" - 1997. Pág. 10

4.3. TRABAJOS REALIZADOS EN AGREGADOS QUE NO CUMPLEN ESPECIFICACIONES

Lógicamente, en algunas oportunidades, el agregado con el que se cuenta podría incumplir las especificaciones o exigencias planteadas en las normas. Dentro de las soluciones planteadas se puede considerar el cambiar de agregado, lo cual muchas veces no es conveniente por factores como la distancia de traslado a la obra y los costos que esto implica.

Puede ser conveniente, en muchos casos, mejorar la calidad del agregado:

En caso de no cumplir con el huso granulométrico: Se podría mezclar el agregado con el de alguna otra cantera (si se contara con alguna), un método práctico es el método del cuadrado. Otra alternativa, en caso de contar con chancadoras, es obtener tamaños menores de agregado y lograr que ingrese al huso granulométrico deseado.

En caso de no cumplir con el valor de equivalente de arena: Se puede proceder a disminuir la cantidad de finos mediante tamizado o aireado del material.

En agregados que presenten alto valor de azul de metileno: Este parámetro nos indica la reactividad del agregado. En caso de ser un valor muy alto el laboratorio puede diseñar una emulsión especial para ese tipo de agregado.

4.4. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS.

Las canteras seleccionadas para este trabajo son:

- Cantera Yuracyacu: Ubicada en el km 53+500 del Tramo Yurimaguas-Tarapoto (km 127+200 - km 0+000)
- Cantera Naranjillo: Ubicada en el km 431+000 del Tramo Tarapoto-Aguas Claras (km 403+350 - km 603+500)
- Cantera Vilcaniza: Ubicada en el km 342+600 del Tramo Aguas Claras-Pedro Ruiz (km 403 +350 - km 294+500)

4.4.1. Cantera Yuracyacu

Resistencia a la Abrasión.-

Tabla 4.2: Resultado de ensayo de resistencia a la abrasión-Cantera Yuracyacu

Cantera Yuracyacu, procedencia: Yurimaguas	Tamaño Máximo Nominal:	1 1/2"	64
	Gradación:	"A"	
	Número de Esferas:	12	

Fuente: Elaboración propia.

El valor de obtenido para este material es demasiado alto (64%). Para poder ser empleado en los diseños, de acuerdo a la norma ISSA, debe ser como máximo 35% en caso de morteros asfálticos y 30% en caso de micropavimentos.

Para los fines de esta investigación, se descarta este material para la realización de los diseños de morteros asfálticos y micropavimentos.

4.4.2. Cantera Naranjillo

Se realizaron pruebas de calidad al material natural y al material triturado.

La granulometría del material natural no estaba dentro del Huso Tipo II, se procedió a triturar el material para que cumpla el huso.

Antes del triturado el valor de equivalente arena era 50%, este valor estaba por debajo del especificado para micropavimento, la norma ISSA recomienda 65% como mínimo. Luego de la trituración, el resultado del ensayo Equivalente de Arena cambió a 73%

Los demás ensayos, realizados al agregado natural, cumplieron las especificaciones recomendadas por la norma ISSA para morteros asfálticos y para micropavimentos.

Para los fines de esta investigación, la realización de los diseños de morteros asfálticos y micropavimentos será con el agregado triturado.

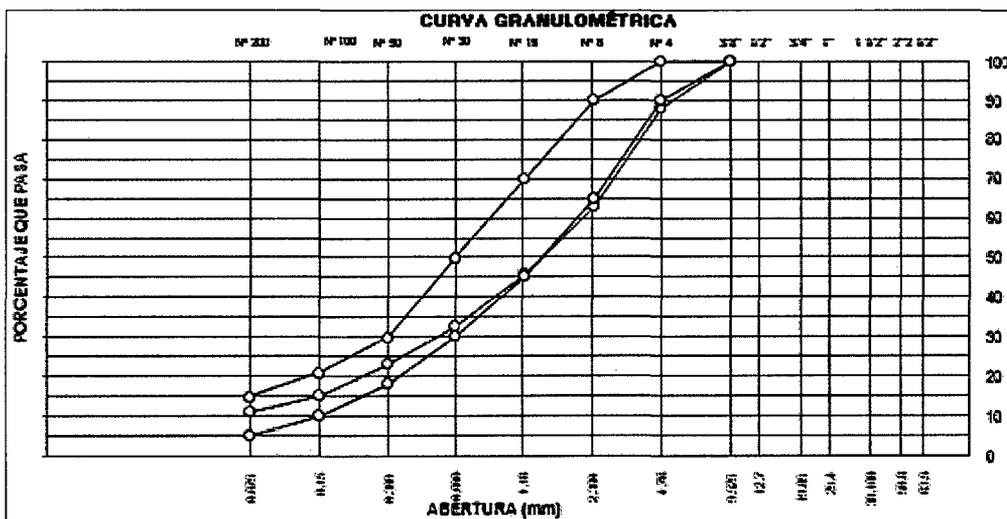
En la tabla 4.3 y 4.4 se muestran los resultados de los ensayos requeridos por la norma ISSA A105 (morteros asfálticos) y A143 (micropavimentos).

Tabla 4.3: Resultado de ensayo de granulometría al material natural y triturado de la Cantera Naranjillo

MALLAS		ESPECIFICACIÓN NORMA ISSA		GRANULOMETRIA CANTERA NARANJILLO	
				PORCENTAJE QUE PASA	
PULG	MM	TIPO II (% PASANTE)	TOLERANCIA	NATURAL	TRITURADO
3/8	9.5	100		100	100
# 4	4.75	90-100	+/- 5%	74	88
# 8	2.36	65-90	+/- 5%	53	63
# 16	1.18	45-70	+/- 5%	41	46
# 30	0.59	30-50	+/- 5%	30	33
# 50	0.29	18-30	+/- 4%	17	23
# 100	0.15	10-21	+/- 3%	11	15
# 200	0.074	5-15	+/- 2%	8	11

Fuente: Elaboración propia.

Considerando las tolerancias indicadas, la granulometría del material triturado cumple con los requerimientos de la norma ISSA.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.1: Granulometría agregado triturado de cantera Naranjillo-Huso Tipo II.

Tabla 4.4: Resultado de ensayos Resistencia a la Abrasión, Equivalente Arena y Durabilidad al material natural y triturado de Cantera Naranjillo

ENSAYOS	ESPECIFICACIÓN NORMA ISSA		RESULTADO CANTERA NARANJILLO	
	MORTERO ASFALTICO	MICRO-PAVIMENTO	NATURAL	TRITURADO
RESISTENCIA A LA ABRASION	35% Max.	30% Max.	24%	12%
EQUIVALENTE ARENA	45% Min.	65% Min.	50%	73%
DURABILIDAD	15% Max.	15% Max.	4.93%	2.62%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.5: Resultado de ensayo complementario. Valor de Azul de Metileno de material natural y triturado de Cantera Naranjillo

ENSAYO COMPLEMENTARIO	RECOMENDACIÓN NORMA ISSA	RESULTADO CANTERA NARANJILLO	
		NATURAL	TRITURADO
VALOR DE AZUL DE METILENO	10 mg/g Max.	6.8 mg/g	6.5 mg/g

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Cantera Vilcaniza

Se realizaron pruebas de calidad al material natural y al material triturado.

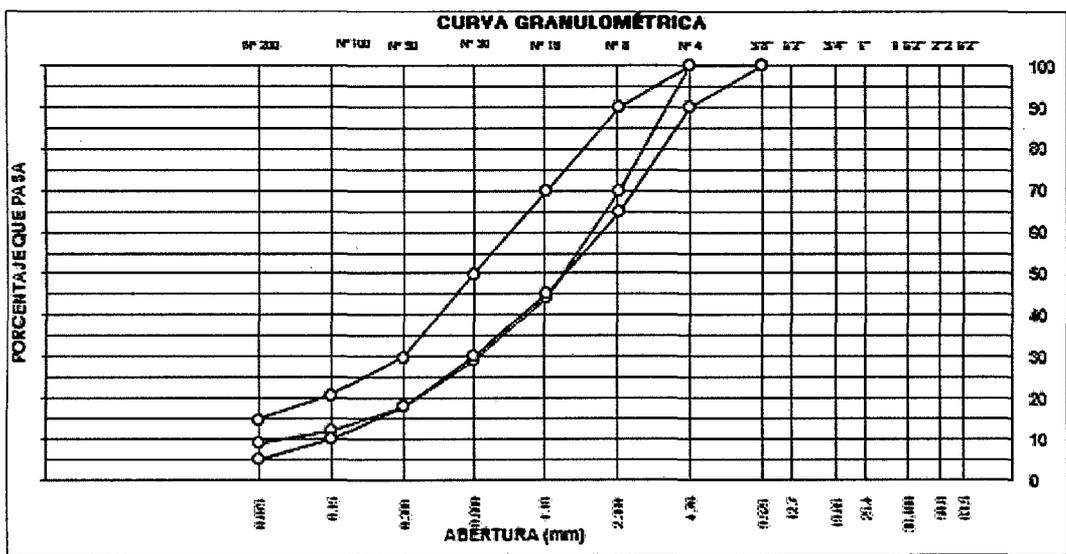
La granulometría del material natural no estaba dentro del Huso Tipo II, se procedió a triturar el material para que cumpla el huso.

Para los fines de esta investigación, los diseños de morteros asfálticos y micropavimentos será con el agregado triturado. Las tablas 4.6 y 4.7 muestran los resultados de los ensayos de calidad requeridos por la norma ISSA A105 (morteros asfálticos) y A143 (micropavimentos).

Tabla 4.6: Resultado de ensayo de granulometría al material natural y triturado de la Cantera Vilcaniza.

MALLAS		ESPECIFICACIÓN NORMA ISSA		GRANULOMETRIA CANTERA VILCANIZA	
				PORCENTAJE QUE PASA	
PULG	MM	TIPO II (% PASANTE)	TOLERANCIA	NATURAL	TRITURADO
3/8	9.5	100		100	100
# 4	4.75	90-100	+/- 5%	91	100
# 8	2.36	65-90	+/- 5%	82	70
# 16	1.18	45-70	+/- 5%	70	44
# 30	0.59	30-50	+/- 5%	49	29
# 50	0.29	18-30	+/- 4%	19	18
# 100	0.15	10-21	+/- 3%	6	12
# 200	0.074	5-15	+/- 2%	4	9

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.2: Granulometría agregado triturado de Cantera Vilcaniza-Huso Tipo II.

Tabla 4.7: Resultado de ensayos Resistencia a la Abrasión, Equivalente Arena y Durabilidad al material natural y triturado de Cantera Vilcaniza.

ENSAYOS	ESPECIFICACIÓN NORMA ISSA		RESULTADO CANTERA VILCANIZA	
	MORTERO ASFALTICO	MICRO-PAVIMENTO	NATURAL	TRITURADO
RESISTENCIA A LA ABRASION	35% Max.	30% Max.	23%	20%
EQUIVALENTE ARENA	45% Min.	65% Min.	64%	65%
DURABILIDAD	15% Max.	15% Max.	9.55%	2.28%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.8: Resultado de ensayo complementario. Valor de Azul de Metileno de material natural y triturado de Cantera Vilcaniza.

ENSAYO COMPLEMENTARIO	RECOMENDACIÓN NORMA ISSA	RESULTADO CANTERA NARANJILLO	
		NATURAL	TRITURADO
VALOR DE AZUL DE METILENO	10 mg/g Max.	17.5 mg/g	6.3 mg/g

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO V ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 RESULTADOS - ENSAYOS MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL)- CANTERA NARANJILLO

5.1.1 Características de diseño

Componentes empleados para la mezcla: Emulsión CSS-1hp, agua potable, granulometría Tipo II y cemento Portland como filler mineral.

- Se calcula el porcentaje teórico de emulsión (Ver los pasos 1 y 2 de la sección 3.1.5.4 del Capítulo 3):

Asfalto teórico hallado en base a la granulometría (AT) = 9.5%

Residuo Asfáltico (Ver Anexo B: Emultec CSS-1hp) = 61.6%

Porcentaje de emulsión teórica = 15.4%

- Se considera el procedimiento para optimización de filler (Ver sección 3.1.5.3 del capítulo 3).
- El ensayo de Consistencia de Mortero Asfáltico (ISSA TB 106) da como valor óptimo de agua en la mezcla 9.5%. (incluyendo el % de humedad natural del agregado)

5.1.2 Proceso de optimización de filler

Se preparan especímenes con diferentes contenidos de Cemento Portland (C.P.) entre 0 y 2%, luego se realiza el ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) a los 0, 30, 60, 90 y 120 minutos de iniciarse la rotura de la emulsión.

Tabla 5.1: Resultados del ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) para proceso de optimización de filler en mezcla de mortero asfáltico.

C.P. (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	Valor obtenido al torque (kg-cm)				
		0 min.	30 min.	60 min.	90 min.	120 min.
0.0	1- hora	22	28	25	25	24
0.5	1- hora	27	30	28	26	25
1.0	1- hora	20	24	26	26	24
1.5	1- hora	22	28	26	22	23
2.0	1- hora	24	24	27	24	24

Fuente: Elaboración Propia

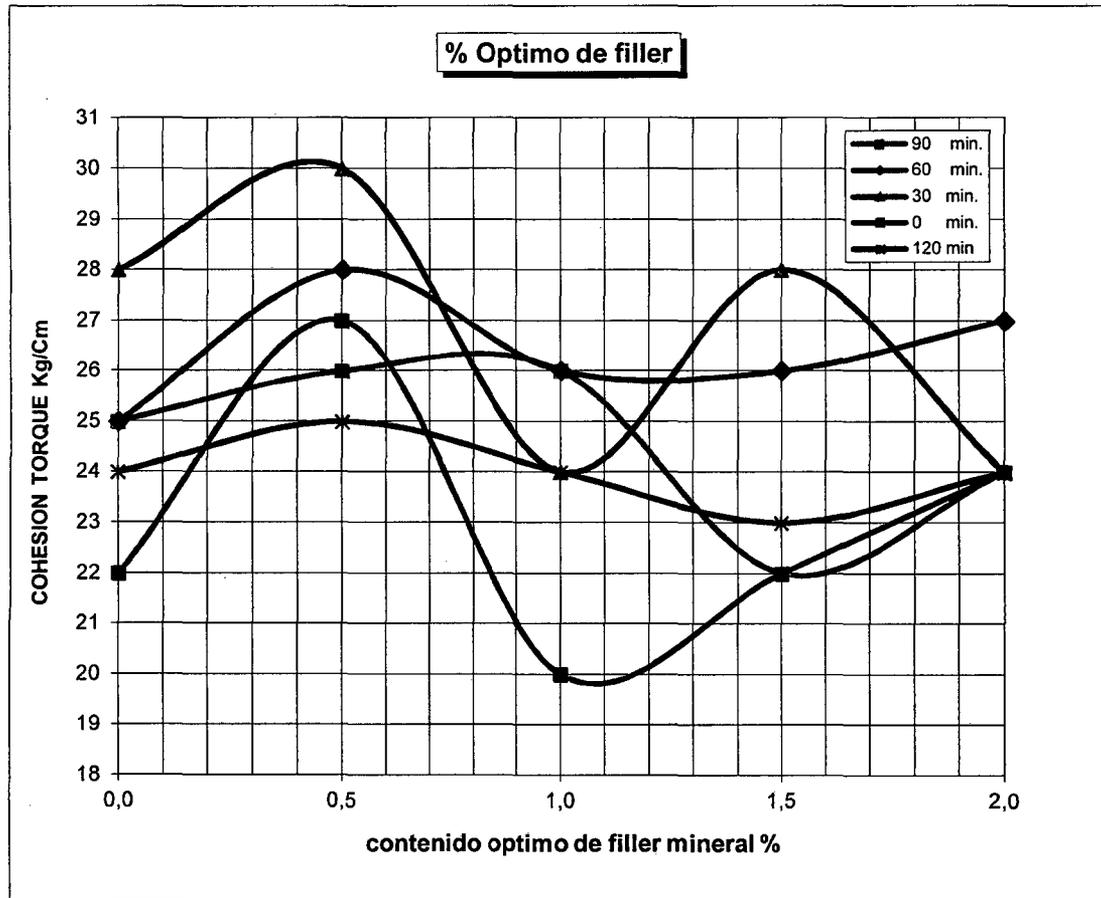
En laboratorio, se verifica que la rotura de la mezcla finaliza luego de transcurrida una hora de tiempo.

Se puede comprobar el curado de la mezcla cuando al presionar ligeramente una toalla de papel absorbente sobre la superficie de la mezcla, esta no se mancha.



Figura 5.1: Comprobación de curado de la mezcla.

De la gráfica 5.2 se distingue que los mayores valores de cohesión ocurren cuando la mezcla contiene 0.5% de filler.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.2: Gráfico de Torque (Ensayo de Cohesión en Húmedo - ISSA TB 139) vs Contenido de filler. Proceso de optimización de filler en mezcla de mortero asfáltico

5.1.3 Proceso de optimización de emulsión

Bajo procedimientos ISSA, el contenido óptimo de asfalto es determinado al combinar gráficamente los resultados de la Prueba Abrasión en Húmedo (Wet Track Abrasion Test o WTAT) y la Prueba de Rueda Cargada (Loaded Wheel o LWT). Para las mezclas de mortero asfáltico se recomienda, según el tipo de granulometría, un rango de contenido de asfalto residual (Ver tabla 3.6 del capítulo 3). El rango recomendado para la granulometría Tipo II es de 7.5 a 13.5%.

Tabla 5.2: Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de mortero asfáltico.

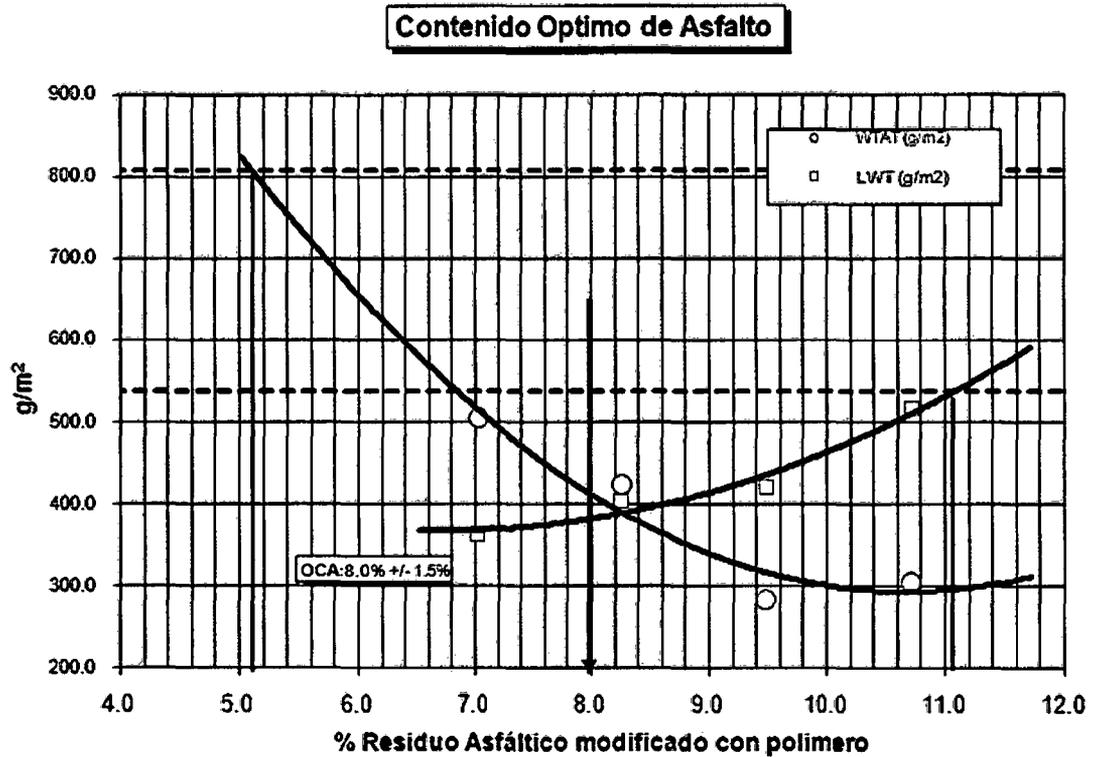
Asfalto (%)	Emulsión CSS1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
7.0	11.4	11.5	0.5	503.7	363.1
8.3	13.4	10.5	0.5	423.3	403.1
9.5	15.4	9.5	0.5	283.3	420.7
10.7	17.4	8.5	0.5	304.3	515.6

Fuente: Elaboración Propia

Se realizaron muestras con el porcentaje de emulsión teórico (15.4%) y con variaciones en 2% y 4% de este porcentaje: 13.4%, 11.4% y 17.4%. Se ensayaron las 4 muestras en ambas pruebas (LWT y WTAT), la tabla 5.2 muestra los resultados y en la figura 5.3 se superponen las gráficas de ambos ensayos.

Por el método del área (Ver sección 3.1.5.4 del capítulo 3) se obtiene 8% como porcentaje óptimo de asfalto. El residuo asfáltico de la emulsión empleada (Ver Anexo B: Emultec CSS-1hp) es 61.6%, lo cual significa que el contenido óptimo de emulsión en la mezcla es 13%. De la tabla 5.2 se interpola el valor 13% para hallar el contenido de agua que le corresponde, este valor resulta 10.5% aproximadamente.

Se cuenta con los valores óptimos de agua (10.5%), de filler (0.5%) y emulsión (13%). Con esta dosificación resultante se procede a realizar el ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.3: Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezclas de mortero asfáltico.

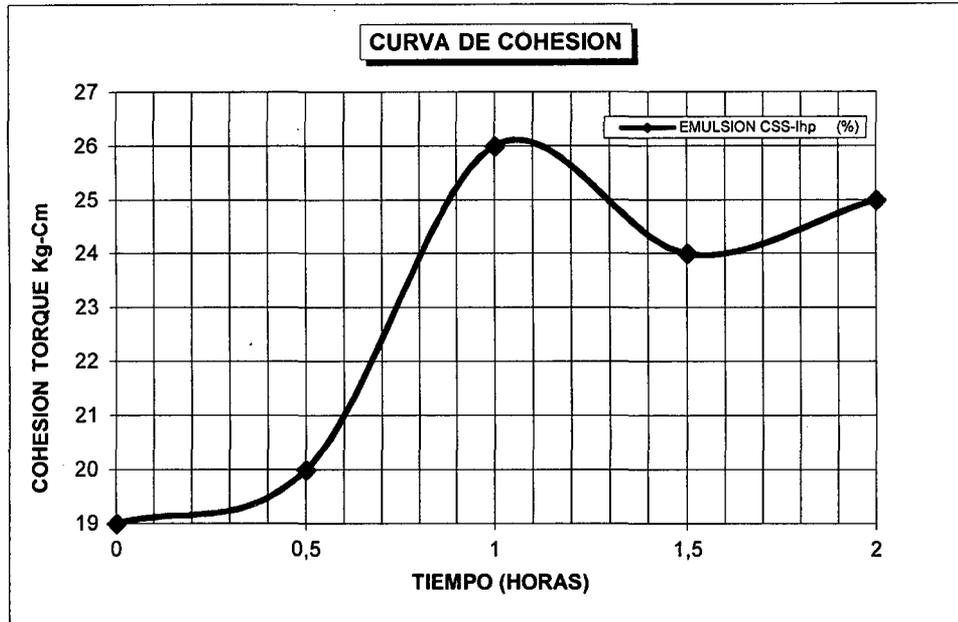
5.1.4 Ensayo de cohesión con la dosificación resultante

En la tabla 5.3 se demuestra que para este caso, el sistema es de rompimiento rápido y apertura al tráfico inmediata ya que desarrolla un valor de torque de 20 kg-cm dentro de los 30 minutos.

Tabla 5.3: Resultados de ensayos Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezclas de mortero asfáltico de dosificación óptima.

EMULSION CSS-1hp (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	TIEMPO (HRS)					TORSION (kg-cm)
		0	0.5	1.0	1.5	2.0	
13	1.0- HRS	19	20	26	24	25	

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.4: Gráfica de resultado del ensayo Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de mortero asfáltico de dosificación óptima.

5.2 RESULTADOS – ENSAYOS MEZCLA MICROPAVIMENTO- CANTERA NARANJILLO

5.2.1 Características de diseño

Componentes empleados para la mezcla de micropavimento: Emulsión CQS-1hp, agua potable, granulometría Tipo II y cemento portland como filler mineral.

- Se calcula el porcentaje teórico de emulsión (Ver los pasos 1 y 2 de la sección 3.1.5.4 del Capítulo 3):

Asfalto teórico hallado en base a la granulometría (AT) = 9.5%

Residuo asfáltico (RA), ver Anexo C: Emultec CQS-1hp = 62.6%

Porcentaje de emulsión teórica ($100 \times AT/RA$) = 15.2%

- Del ensayo de Tiempo de Mezcla (ISSA TB 113) se halla que los porcentajes adecuados de filler, aditivo y agua son: 0.1%, 1.5% y 6.5% respectivamente. El porcentaje de agua 6.5% incluye la de humedad natural del agregado, no el porcentaje de aditivo.

5.2.2 Ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139)

Se utiliza el porcentaje teórico de emulsión para asegurar que ese porcentaje otorga una cohesión apropiada a la mezcla. De acuerdo a lo calculado en el ítem anterior, el porcentaje teórico es 15.2%.

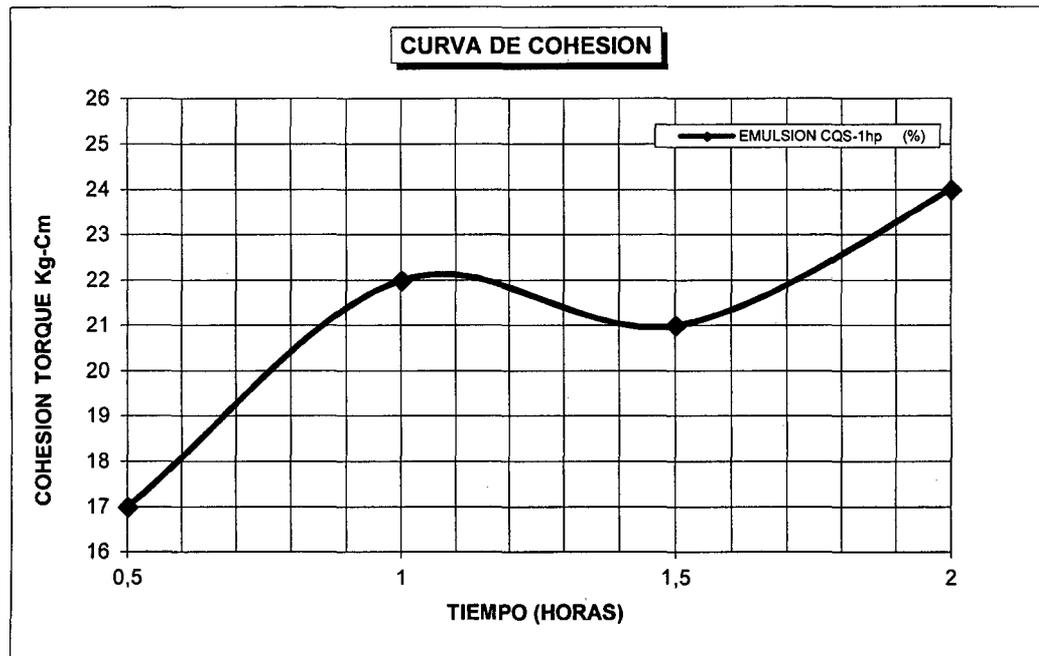
Tabla 5.4: Resultados de ensayos Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de micropavimento.

EMULSION CQS-1hp (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	0.5	1.0	1.5	2.0	TIEMPO (HRS)
15.2	0- HRS	17	22	21	24	TORSION (kg-cm)

Fuente: Elaboración Propia

Todos los micropavimentos deben ser diseñados como sistemas de rompimiento rápido y de apertura rápida al tráfico.

Se ensayaron los especímenes a los 30, 60, 90 y 120 minutos luego de iniciarse la rotura de la mezcla. En la tabla 5.4 se demuestra que para este caso, el sistema es de rompimiento rápido y apertura rápida al tráfico ya que desarrolla un valor de torque de 20 kg-cm dentro de 60 minutos. La figura 5.5 muestra la curva de resultados del ensayo de Cohesión en Húmedo para la mezcla de micropavimento considerando el porcentaje teórico de emulsión.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.5: Gráfica de resultado del ensayo Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de micropavimento.

5.2.3 Proceso de optimización de emulsión

“Generalmente los laboratorios de diseño, usan dos tipos de pruebas para determinar el contenido de cemento asfáltico. Algunos laboratorios usan pruebas con procedimientos ISSA, otros usan procedimientos Marshall Modificados. Otras agencias especifican procedimientos de estabilidad Hveem”¹.

En este caso, se realizó el procedimiento ISSA, donde el óptimo contenido de asfalto es determinado al combinar gráficamente los resultados de la Prueba Abrasión en Húmedo (WTAT) y la Prueba de Rueda Cargada (LWT).

Para las mezclas de micropavimento, ISSA recomienda un rango de contenido de asfalto residual entre 5.5% y 10.5% (Ver tabla 3.14 del capítulo 3).

¹ U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION; “SURFACE REHABILITATION TECHNIQUES-STATE OF THE PRACTICE DESIGN, CONSTRUCTION, AND PERFORMANCE OF MICROSURFACING”, 1994. Pág. 18

Tabla 5.5: Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de micropavimento.

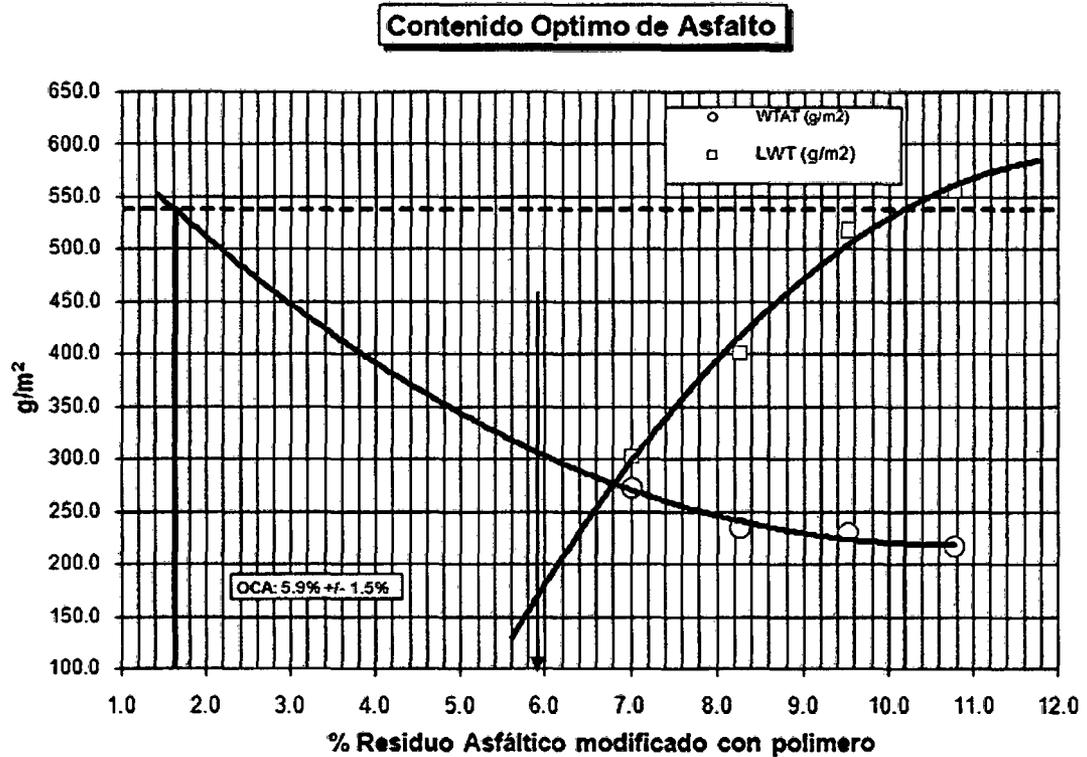
Asfalto (%)	Emulsión CQS-1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
7.0	11.2	7.5	0.1	272.8	302.7
8.3	13.2	7.0	0.1	234.4	401.3
9.5	15.2	6.5	0.1	230.7	518.7
10.8	17.2	5.5	0.1	216.9	555.8

Fuente: Elaboración Propia

Se realizaron muestras con el porcentaje de emulsión teórico (15.2%) y con variaciones en 2% y 4% de este porcentaje: 13.2%, 11.2% y 17.2%. Se ensayaron las 4 muestras en ambas pruebas (LWT y WTAT), la tabla 5.5 muestra los resultados y en la figura 5.6 se superponen las gráficas de ambos ensayos.

Por el método del área (Ver sección 3.1.5.4 del capítulo 3) se obtiene 5.9% como porcentaje óptimo de asfalto. El contenido de asfalto en la mezcla se encuentra dentro del rango recomendado por ISSA (5.5% a 10.5%). El residuo asfáltico de la emulsión empleada (Ver Anexo C: Emultec CQS-1hp) es 62.6%, lo cual significa que el contenido óptimo de emulsión en la mezcla es 9.4%.

De la tabla 5.5 se interpola el valor 9.4% para hallar el contenido de agua que le corresponde, este valor resulta 8% aproximadamente e incluye solo él % de humedad natural del agregado, es decir, no se está considerando al aditivo como parte del agua.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.6: Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de micropavimento.

5.3 RESULTADOS – ENSAYOS MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL) - CANTERA VILCANIZA

5.3.1 Características de diseño

Componentes empleados para la mezcla: Emulsión CSS-1hp, agua potable, granulometría Tipo II y cemento portland como filler mineral.

- Se calcula el porcentaje teórico de emulsión (Ver los pasos 1 y 2 de la sección 3.1.5.4 del Capítulo 3):

Asfalto teórico hallado en base a la granulometría (AT)= 9.5%

Residuo Asfáltico (Ver Anexo D: Emultec CSS-1hp) = 61.9%

Porcentaje de emulsión teórica = 15.3%

- Se considera el procedimiento para optimización de filler (Ver sección 3.1.5.3 del capítulo 3).
- Del ensayo de Consistencia de Mortero Asfáltico (ISSA TB 106), se halla 11.5% como valor óptimo de agua en la mezcla (incluyendo el % de humedad natural del agregado).

5.3.2 Proceso de optimización de filler

Se preparan especímenes con diferentes contenidos de Cemento Portland (C.P.) entre 0 y 2%, luego se realiza el ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) a los 0, 30, 60, 90 y 120 minutos de haberse iniciado la rotura de la emulsión.

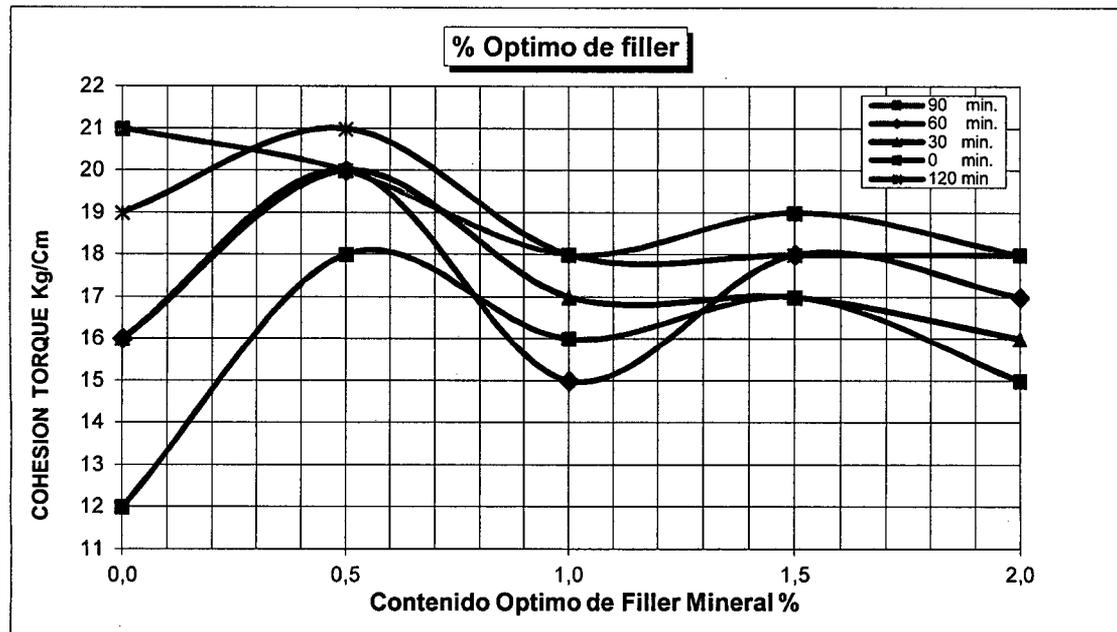
Tabla 5.6: Resultados del ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) para proceso de optimización de filler en mezcla de mortero asfáltico.

C.P. (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	Valor obtenido al torque (kg-cm)				
		0 min.	30 min.	60 min.	90 min.	120 min.
0.0	1.5- hora	12	16	16	21	19
0.5	1.5- hora	18	20	20	20	21
1.0	1.5- hora	16	17	15	18	18
1.5	1.5- hora	17	17	18	19	18
2.0	1.5- hora	15	16	17	18	18

Fuente: Elaboración Propia

En laboratorio, se verifica que la rotura de la mezcla finaliza luego de transcurrir 90 minutos.

De la gráfica 5.7 se distingue que los mayores valores de cohesión ocurren con 0.5% de filler en la mezcla.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.7: Gráfico de Torque (Ensayo de Cohesión en Húmedo - ISSA TB 139) vs Contenido de filler. Proceso de optimización de filler en mezcla de mortero asfáltico

5.3.3 Proceso de optimización de emulsión

ISSA recomienda, según el tipo de granulometría, un rango de contenido de asfalto residual (Ver tabla 3.6 del capítulo 3). Para la granulometría Tipo II el rango recomendado es de 7.5 a 13.5%.

Se realizaron muestras con el porcentaje de emulsión teórico (15.3%) y con variaciones en 2% y 4% de este porcentaje: 13.3%, 11.3% y 17.3%.

Tabla 5.7: Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de mortero asfáltico.

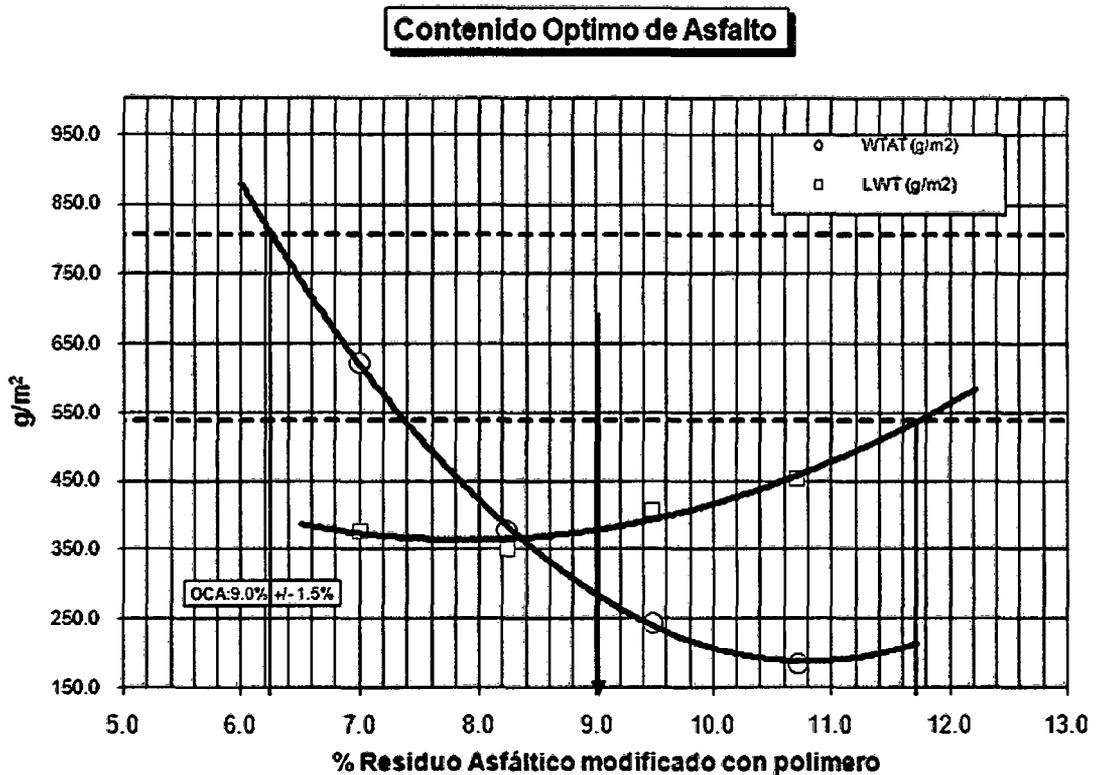
Asfalto (%)	Emulsión CSS1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
7.0	11.3	13.0	0.5	622.6	377.8
8.2	13.3	12.0	0.5	377.8	351.0
9.5	15.3	11.5	0.5	244.9	408.3
10.7	17.3	10.5	0.5	185.4	453.8

Fuente: Elaboración Propia

Se ensayaron las 4 muestras en ambas pruebas (LWT y WTAT), la tabla 5.7 muestra los resultados y en la figura 5.8 se superponen las gráficas de ambos ensayos.

Por el método del área (Ver sección 3.1.5.4 del capítulo 3) se obtiene 9% como porcentaje óptimo de asfalto. El residuo asfáltico de la emulsión empleada (Ver Anexo D: Emultec CSS-1hp) es 61.9%, lo cual significa que el contenido óptimo de emulsión en la mezcla es 14.5%. De la tabla 5.7 se interpola el valor 14.5% para hallar el contenido de agua que le corresponde, este valor resulta 11.7% aproximadamente.

Se cuenta con los valores óptimos de agua (11.7%), de filler (0.5%) y emulsión (14.5%). Con esta dosificación resultante se procede a realizar el ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.8: Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezclas de mortero asfáltico

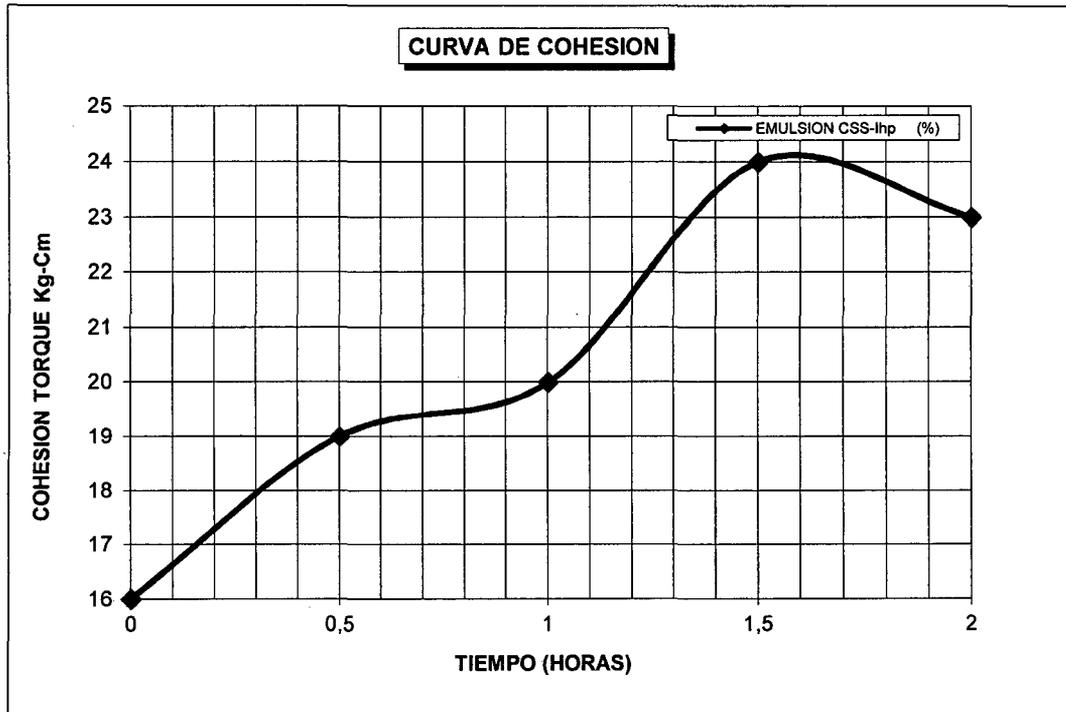
5.3.4 Ensayo de cohesión con la dosificación resultante

En la tabla 5.8 se demuestra que para este caso, el sistema es de rompimiento rápido y apertura al tráfico rápida ya que desarrolla un valor de torque de 20 kg-cm dentro de los 60 minutos.

Tabla 5.8: Resultados de ensayos Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezclas de mortero asfáltico de dosificación óptima.

EMULSION CSS-1hp (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	0	0.5	1.0	1.5	2.0	TIEMPO (HRS)
14.5	1.5- HRS	16	19	20	24	23	TORSION (kg-cm)

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.9: Gráfica de resultado del ensayo Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de mortero asfáltico de dosificación óptima.

5.4 RESULTADOS – ENSAYOS MEZCLA MICROPAVIMENTO- CANTERA VILCANIZA

5.4.1 Características de diseño

Componentes empleados para la mezcla de micropavimento: Emulsión CQS-1hp, agua potable, granulometría Tipo II y cemento portland como filler mineral.

- Se calcula el porcentaje teórico de emulsión (Ver los pasos 1 y 2 de la sección 3.1.5.4 del Capítulo 3):

Asfalto teórico hallado en base a la granulometría (AT) = 9.5%

Residuo asfáltico (RA), ver Anexo E: Emultec CQS-1hp = 63.8%

Porcentaje de emulsión teórica = 14.9%

- Del ensayo de Tiempo de Mezcla (ISSA TB 113), se halla 0.2% como porcentaje adecuado de filler, 0.4% como porcentaje de aditivo y 9% como porcentaje de agua en la mezcla (incluye el % de humedad natural del agregado, no el porcentaje de aditivo).

5.4.2 Ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139)

Se utiliza el porcentaje teórico de emulsión para asegurar que otorga una cohesión apropiada a la mezcla. En este caso de ensayo, el porcentaje teórico es 14.9%.

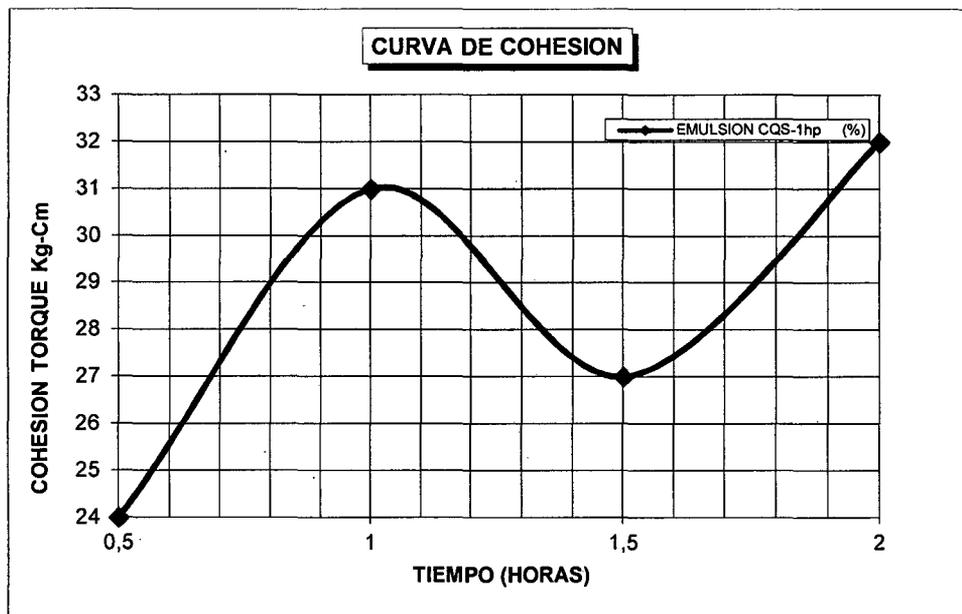
Tabla 5.9: Resultados de ensayos Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de micropavimento.

EMULSION CQS-1hp (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	0.5	1.0	1.5	2.0	TIEMPO (HRS)
14.9	0- HRS	24	31	27	32	TORSION (kg-cm)

Fuente: Elaboración Propia

Todos los micropavimentos deben ser diseñados como sistemas de rompimiento rápido y de apertura rápida al tráfico.

Se ensayaron los especímenes a los 30, 60, 90 y 120 minutos luego de iniciarse la rotura de la mezcla. En la tabla 5.9 se demuestra que para este caso, el sistema es de rompimiento rápido y apertura al tráfico inmediata ya que desarrolla un valor de torque de 20 kg-cm dentro de los 30 minutos. La figura 5.10 muestra la curva de resultados del ensayo de Cohesión en Húmedo para la mezcla de micropavimento considerando el porcentaje teórico de emulsión.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.10: Gráfica de resultado del ensayo Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139) con mezcla de micropavimento.

5.4.3 Proceso de optimización de emulsión

Se realizó el procedimiento ISSA, donde el óptimo contenido de asfalto es determinado al combinar gráficamente los resultados de la Prueba Abrasión en Húmedo (WTAT) y la Prueba de Rueda Cargada (LWT).

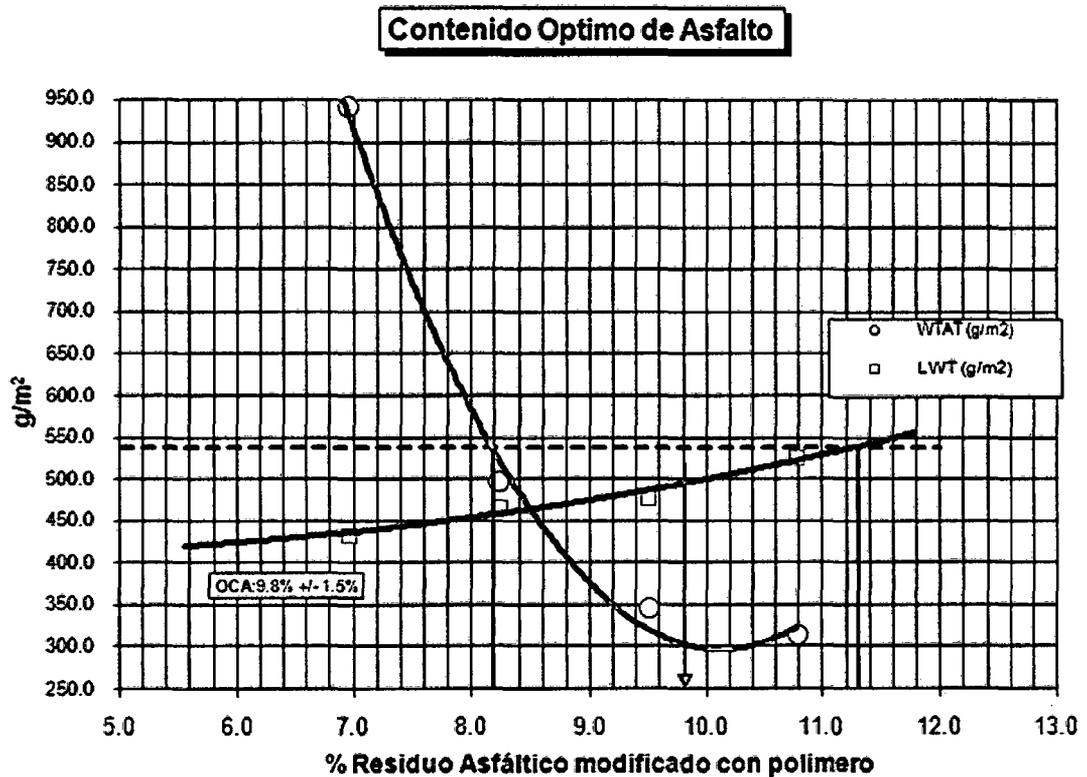
Para las mezclas de micropavimento, ISSA recomienda un rango de contenido de asfalto residual de 5.5% a 10.5% (Ver tabla 3.14 del capítulo 3).

Tabla 5.10: Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de micropavimento.

Asfalto (%)	Emulsión CQS-1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
7.0	10.9	11.0	0.2	941.0	432.1
8.2	12.9	9.5	0.2	496.7	467.2
9.5	14.9	9.0	0.2	346.3	476.9
10.8	16.9	7.0	0.2	314.8	525.6

Fuente: Elaboración Propia

Se realizaron muestras con el porcentaje de emulsión teórico (14.9%) y con variaciones en 2% y 4% de este porcentaje: 12.9%, 10.9% y 16.9%. Se ensayaron las 4 muestras en ambas pruebas (LWT y WTAT), la tabla 5.10 muestra los resultados y en la figura 5.11 se superponen las gráficas de ambos ensayos.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.11: Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de micropavimento.

Por el método del área (Ver sección 3.1.5.4 del capítulo 3) se obtiene 9.8% como porcentaje óptimo de asfalto. El contenido óptimo de asfalto se encuentra dentro del rango recomendado por ISSA. El residuo asfáltico de la emulsión empleada (Ver Anexo E: Emultec CQS-1hp) es 63.8% lo cual significa que el contenido óptimo de emulsión en la mezcla es 15.4%.

De la tabla 5.10 se interpola el valor 15.4% para hallar el contenido de agua que le corresponde, este valor resulta 8.5% aproximadamente (incluye solo el % de humedad natural del agregado, es decir, no se está considerando al aditivo como parte del agua).

5.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección, se analizan los resultados obtenidos en los diseños de mezcla de morteros asfálticos y micropavimentos al emplear los agregados de las canteras Naranjillo y Vilcaniza.

Adicionalmente, será mostrado como las mezclas de emulsión asfáltica mejoran su desempeño al emplear polímeros. Como es sabido, diversos estudios demuestran las ventajas de la inclusión de polímeros en las mezclas asfálticas. En esta sección, con fines demostrativos, se comparan los resultados de diseño entre mezclas de mortero asfáltico con polímero y sin polímero. En ambas mezclas se emplea el mismo agregado.

5.5.1.- Ejemplo comparativo de un mismo tipo de mezcla al emplear emulsión convencional y emulsión modificada con polímeros

A continuación, el diseño en laboratorio de dos morteros asfálticos Tipo I empleando emulsión convencional y emulsión modificada con polímeros, en ambos diseños se emplea las mismas calidades de agua y agregado. El agregado es proveniente de una cantera de la ciudad de Lima (Ver Anexo F).

5.5.1.1.- Caracterización de agregado

Tabla 5.11: Granulometría de agregado seleccionado en cantera de Lima.

MALLAS		ESPECIFICACIÓN NORMA ISSA	GRANULOMETRIA
PULG	MM	TIPO I (% PASANTE)	PORCENTAJE QUE PASA
3/8	9.5	100	100
# 4	4.75	100	100
# 8	2.36	90-100	100
# 16	1.18	65-90	81.4
# 30	0.59	40-65	66.2
# 50	0.29	25-42	51.5
# 100	0.15	15-30	31.7
# 200	0.074	10-20	11.3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.12: Resultados de ensayos Equivalente Arena, Valor de Azul de Metileno y Peso Unitario suelto. Agregado seleccionado en cantera de Lima.

ENSAYOS	ESPECIFICACIÓN NORMA ISSA	RESULTADO
EQUIVALENTE ARENA	45% Min.	48%
VALOR DE AZUL DE METILENO	10 mg/g Max.	10 mg/g
PESO UNITARIO SUELTO	-----	1592 Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

5.5.1.2.- Caracterización de emulsión asfáltica convencional y emulsión asfáltica con polímero

Se emplearon emulsiones catiónicas de rotura lenta, un diseño se realiza con emulsión convencional y el otro con emulsión modificada con polímeros. En las tablas 5.13 y 5.14 se indican las características de ambos tipos de emulsión.

Tabla 5.13: Características de emulsión asfáltica convencional empleada en diseño de mortero asfáltico

ENSAYO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 244	%	61.2	Mínimo 60%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	70	40 – 90 dmm

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.14: Características de emulsión asfáltica modificada con polímero empleada en diseño de mortero asfáltico

ENSAYO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 244	%	62	Mínimo 60%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	69	40 – 90 dmm

Fuente: Elaboración Propia

5.5.1.3.- Caracterización del agua

Tabla 5.15: Características del agua a emplear en las mezclas de morteros asfálticos con emulsión asfáltica convencional y con emulsión modificada con polímero.

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	(6 - 8)	MAXIMO 380 ppm	7.26	221 ppm

Fuente: Elaboración Propia

5.5.1.4.- Diseño de mortero asfáltico con emulsión convencional

- Siguiendo el procedimiento de los pasos 1 y 2 de la sección 3.1.5.4 del Capítulo 3:

Asfalto teórico hallado en base a la granulometría = 10.2%

Residuo asfáltico (RA), ver Anexo F.1: Emultec CSS-1h = 61.2%

Porcentaje de emulsión teórica = 16.7%

- Del ensayo de Consistencia de Mortero Asfáltico (ISSA TB 106), se determina 13.5% como valor óptimo de agua en la mezcla (incluyendo el % de humedad natural del agregado).

5.5.1.4.1 Proceso de optimización de emulsión

Se realizaron muestras con el porcentaje de emulsión teórico (16.7%) y con variaciones en 2% y 4% de este porcentaje: 14.7%, 18.7% y 20.7%. Las muestras son sometidas a los ensayos de Abrasión en húmedo y Rueda cargada.

Tabla 5.16: Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de mortero asfáltico de emulsión convencional

Asfalto (%)	Emulsión css1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
9.0	14.7	14.0	0.5	1965.9	---
10.2	16.7	13.5	0.5	1591.6	---
11.4	18.7	12.5	0.5	1318.7	---
12.7	20.7	11.0	0.5	979.4	---

Fuente: Elaboración Propia

Al realizar los ensayos de Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) se evidencia que las muestras no cumplen las exigencias de ninguno de ambos ensayos.

Durante el ensayo LWT (ISSA TB 109) las muestras de ensayo presentaron desplazamiento lateral, como se puede apreciar en la figura 5.12. El espécimen soportó tan sólo 150 ciclos aproximadamente (De los 1000 ciclos que especifica el ensayo de LWT). Las fallas generadas durante el ensayo imposibilitan obtener resultados numéricos.

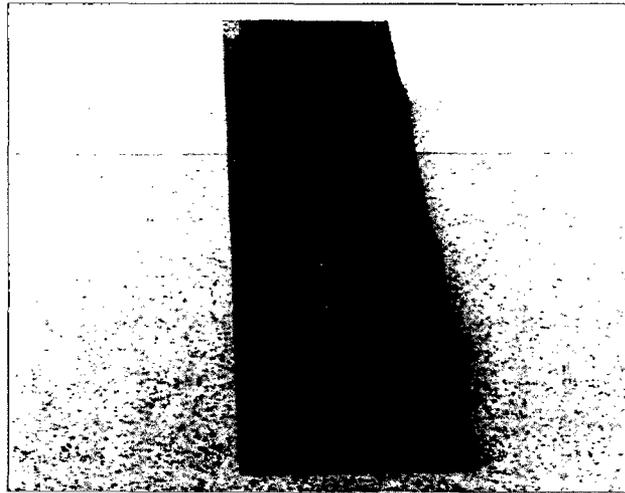


Figura 5.12: Espécimen de ensayo LWT-Mortero asfáltico convencional.

El ensayo WTAT evidenció que la mezcla no cumple las exigencias recomendadas por la norma ISSA TB 100. El espécimen tuvo un valor de desprendimiento de 1965.9 gr/m². De acuerdo a los requerimientos ISSA, el valor de desprendimiento debe ser menor a 538 gr/m².

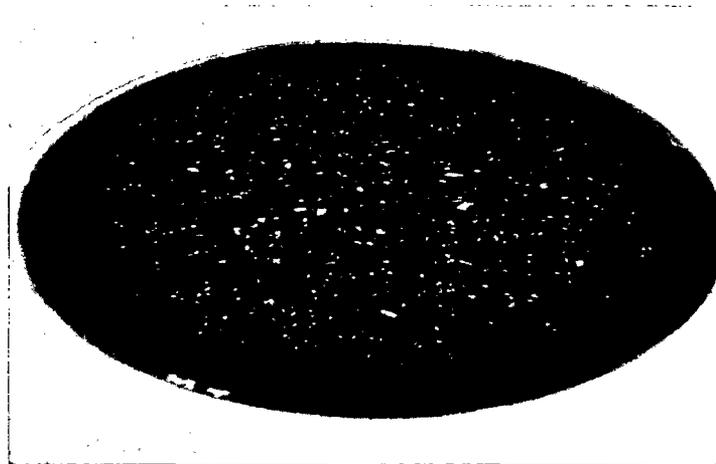


Figura 5.13: Espécimen de ensayo WTAT- Mortero asfáltico convencional.

Seguidamente, se realiza el diseño de una mezcla de mortero asfáltico empleando emulsión modificada con polímeros y el mismo agregado que el caso anterior.

De manera general, con la incorporación de polímeros se pretende mejorar las características reológicas del asfalto, principalmente en lo que se refiere a su elasticidad, susceptibilidad a la temperatura y resistencia a la abrasión.

Las emulsiones modificadas con polímeros son empleadas en casos de recuperación de ahuellamientos menores, corrección de exudación, sello de vías de alto volumen de tráfico o pavimentos ubicados en zonas de altura.²

El polímero empleado en el diseño fue del tipo SBR, que adiciona ventajas como: aumento de la cohesión interna, viscosidad y punto de ablandamiento; disminución de la susceptibilidad térmica, mejora la adherencia activa y pasiva, mejora la elasticidad y la flexibilidad y aumenta la resistencia al envejecimiento³.

5.5.1.5 .- Diseño de mortero asfáltico con emulsión modificada

- Siguiendo el procedimiento de los pasos 1 y 2 de la sección 3.1.5.4 del Capítulo 3:

Asfalto teórico hallado en base a la granulometría (AT)= 10.2%
Residuo asfáltico (RA), ver Anexo F.2: Emultec CSS-1hp = 62%
Porcentaje de emulsión teórica = 16.5%

- Del ensayo de Consistencia de Mortero Asfáltico (ISSA TB 106), se determina 14.5% como valor óptimo de agua en la mezcla (incluyendo el % de humedad natural del agregado).

² MONTEAGUDO SUCNO, WILLIAM; "MEZCLAS DE SLURRY SEAL MODIFICADO-UNA TÉCNICA EFICAZ DE REHABILITACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES", XIV Congreso Ibero Latinoamericano del asfalto, 2007. Pág. 6

³ LÓPEZ CHEGNE, VICTOR; "ASFALTOS EMULSIONADOS PARA CONSTRUCCIÓN, MANTENIMIENTO VIAL Y SOLUCIONES PARA CARRETERAS AFIRMADAS", II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Pavimentos, 2006. Pág. 4

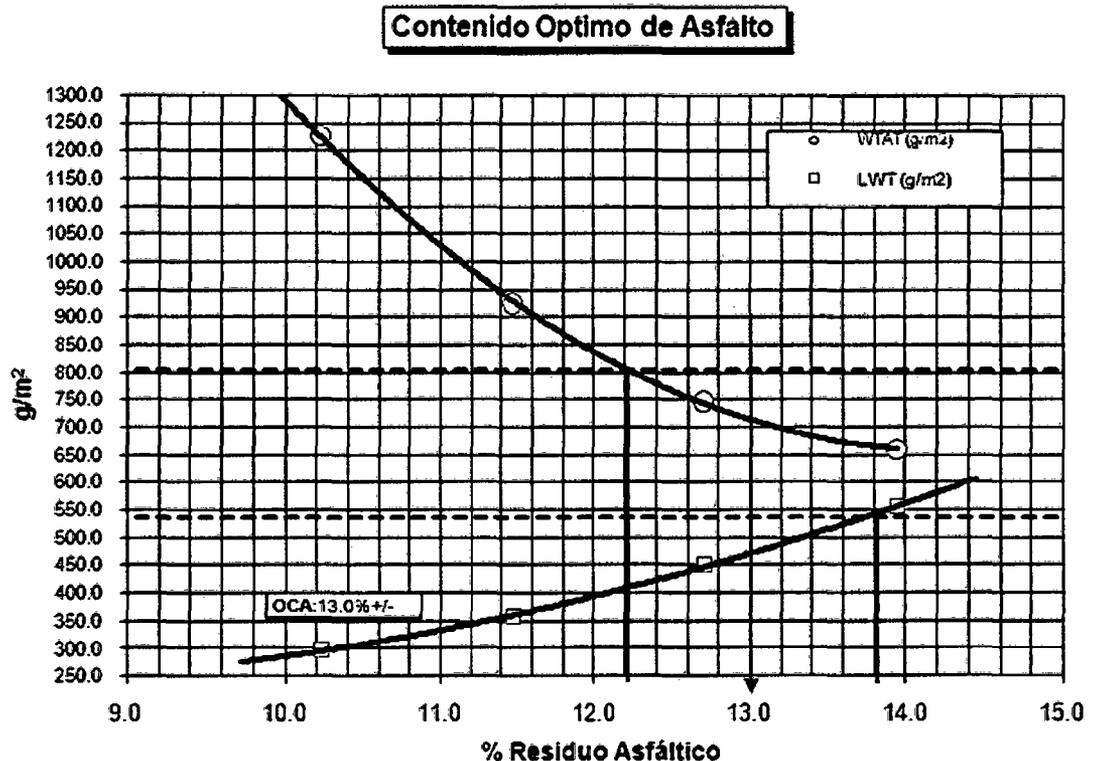
5.5.1.5.1 .- Proceso de optimización de emulsión

Se realizaron muestras de mortero asfáltico con el porcentaje de emulsión teórico (16.5%) y con variaciones en 2%, 4% y 6%: 18.5%, 20.5% y 22.5%. Las muestras son sometidas a los ensayos WTAT y LWT.

Tabla 5.17: Resultados de ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de mortero asfáltico de emulsión modificada con polímeros

Asfalto (%)	Emulsión CSS1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
10.2	16.5	14.5	0.5	1227.8	298.4
11.5	18.5	14.0	0.5	926.9	359.2
12.7	20.5	13.5	0.5	748.6	450.6
14.0	22.5	13.0	0.5	661.1	556.2

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.14: Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT) con mezcla de mortero asfáltico modificado con polímeros.

Por el método del área (Ver sección 3.1.5.4 del capítulo 3) se obtiene 13% como porcentaje óptimo de asfalto. El residuo asfáltico de la emulsión empleada (Ver Anexo F.2: Emultec CSS-1hp) es 62% lo cual significa que el contenido óptimo de emulsión en la mezcla es 21%.

De la tabla 5.17 se interpola el valor 21% para hallar el contenido de agua correspondiente, este valor resulta 13.5% aproximadamente (incluye el % de humedad natural del agregado).

5.5.1.6.- Comparación de ambos resultados de diseño de morteros asfálticos con emulsión convencional y con emulsión modificada

De la comparación de ambos diseños se aprecia que al incluir polímero a la mezcla se mejora notablemente el desempeño del material. El mortero asfáltico con emulsión modificada presenta menores pérdidas a la abrasión y evidencia mejores resistencias mecánicas.

Diversas investigaciones demuestran que la inclusión de polímeros, típicamente incrementa la rigidez del asfalto y mejora su susceptibilidad a cambios de temperatura. El incremento de la rigidez incrementa la resistencia a ahuellamientos en climas cálidos. Las emulsiones modificadas con polímeros también muestran mejoras en las propiedades de cohesión y adhesión.

El valor equivalente arena del agregado empleado en el diseño es 48%, este valor cumple con las recomendaciones de la norma ISSA (45% mínimo). Mediante el ensayo Equivalente Arena se evidencia la cantidad de arcilla y polvo presente en el agregado fino. Un bajo valor de equivalente arena puede causar un alto consumo de asfalto.

Para morteros asfálticos con agregados dentro del huso Tipo I, ISSA recomienda un rango de contenido de asfalto entre 10% y 16%. En el diseño de mortero asfáltico del ítem anterior se determina 13% como óptimo contenido de asfalto.

El ensayo de Valor de Azul de Metileno determina la cantidad de fino reactivo en el material (incluyendo arcilla, limo o material orgánico). Un alto valor de azul de metileno se asocia con la alta reactividad del agregado y un valor bajo de equivalente arena. Este ensayo no está indicado por la norma ISSA dentro de los pruebas de calidad para los agregados de morteros asfálticos y micropavimentos.

El valor de azul de metileno de este agregado es 10 mg/g, que es el límite máximo recomendado por la norma ISSA TB 145. Entidades de diversos países citan al ensayo azul de metileno entre las pruebas de calidad para los agregados de morteros asfálticos y micropavimentos, sin embargo, no hay un consenso del límite máximo con el que deba rechazarse el agregado. A nivel de desempeño, se demuestra que la mezcla de mortero asfáltico evaluada en laboratorio (con emulsión modificada) cumple las exigencias de la norma ISSA con un comportamiento aceptable bajo la acción de las cargas y valores adecuados de abrasión.

5.5.2 Comparaciones para un mismo tipo de mezcla al emplear diferentes agregados

5.5.2.1.- Comparación de diseños de mortero asfáltico

Se realizaron diseños de Mortero Asfáltico Tipo II (Slurry Seal Tipo II) con el agregado triturado de las canteras Naranjillo y Vilcaniza. La tabla siguiente muestra la comparación de las dosificaciones resultantes:

Tabla 5.18: Comparación de diseños de mezcla de mortero asfáltico con agregado triturado de las canteras Naranjillo y Vilcaniza.

COMPONENTES DE LA MEZCLA	MORTERO ASFÁLTICO NARANJILLO	MORTERO ASFÁLTICO VILCANIZA	REQUERIMIENTO ISSA
Cantidad óptima de emulsión asfáltica CSS-1hp	13%	14.5%	**
Cantidad de residuo asfáltico	8%	9%	7.5%-13.5%
Cantidad de agua (incluyendo la humedad del agregado)	10.5%	11.7%	Como sea necesario para alcanzar consistencia apropiada de la mezcla (Líquidos totales de la mezcla no deben exceder los vacíos de agregado sueltos. ISSA T106 debe ser usado para comprobar cantidad óptima)
Cantidad de filler (Cemento Portland)	0.5%	0.5%	0.5 - 2% (Basado en peso de agregado seco)

** ISSA limita el contenido de residuo asfáltico en la muestra

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior se aprecia que, con respecto a los requerimientos de la norma ISSA, ambas mezclas de mortero asfáltico requieren baja cantidad de asfalto y la cantidad de asfalto requerida por el mortero Vilcaniza es ligeramente mayor. La granulometría del agregado está directamente relacionada con el contenido óptimo de asfalto. Entre más finos contenga la granulometría, mayor será el área de superficie total, y, mayor será la cantidad de asfalto requerida para cubrir, uniformemente, todas las partículas. Por otro lado las mezclas más gruesas (agregados más grandes) exigen menos asfalto debido a que poseen menos área superficial total.

De los ensayos se verifica que el agregado de la cantera Vilcaniza presenta granulometría más fina y su mezcla requiere más cantidad de asfalto. El 100% del agregado de cantera Vilcaniza pasa por la malla N° 4, mientras que en la cantera Naranjillo es un 88%. El agregado retenido entre las mallas N°8 y N°30 en la cantera Vilcaniza y Naranjillo es 71% y 55% respectivamente y el agregado de tamaño inferior a la malla N°50 es aproximadamente 30% para ambas canteras.

“Es importante tener en cuenta que los requisitos fundamentales para abrir al tráfico una obra de mortero asfáltico son dos:

- Que la emulsión haya roto
- Que el mortero posea una cohesión mínima.

Sin esta segunda condición, aunque la emulsión haya roto, la insuficiente cohesión del mortero impedirá la apertura. Esta cohesión depende de muchos factores, siendo uno de ellos la naturaleza del asfalto base.”⁴

Las características de rompimiento y el grado de cohesión de la mezcla son determinadas por el ensayo de Cohesión en Húmedo (ISSA TB 139), el cual muestra la evaluación de la consistencia de la mezcla en función al tiempo de curado. La penetración del asfalto base es un factor que afecta el tiempo de curado, el tiempo de curado crece cuando aumenta la penetración o disminuye la dureza del asfalto.

La tabla 5.19 muestra las características de la emulsión y del residuo asfáltico de los morteros realizados con agregados triturados de canteras Naranjillo y Vilcaniza. Se aprecia que el residuo asfáltico del mortero de cantera Vilcaniza presenta mayor valor de penetración. En la tabla 5.20 se aprecia que el tiempo de curado del mortero asfáltico de cantera Vilcaniza es mayor al de cantera Naranjillo, sus aperturas al tráfico se logran a los 60 y 30 minutos respectivamente.

⁴ UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID-FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT; “FIRMES Y PAVIMENTOS-LECHADAS Y MICROAGLOMERADOS ASFÁLTICOS”, XV Curso Internacional de Carreteras, 2000. TEMA F.P 14 Pág.7.

Tabla 5.19: Características de emulsiones empleadas en morteros asfálticos-cantera Naranjillo y cantera Vilcaniza.

ENSAYO SOBRE EMULSIÓN	Mortero Asfáltico Naranjillo	Mortero Asfáltico Vilcaniza	Especificación
	Emulsión CSS-1hp	Emulsión CSS-1hp	
Polímero SBR	2%	1.5%	-----
Residuo Asfáltico	61.6%	61.9%	Min 60%
Viscosidad Saybolt Furol, 25°C	23ssf	23ssf	20ssf-100ssf
ENSAYO RESIDUO EMULSIÓN			
Penetración (25°C, 100 g, 5 seg)	57dmm	61 dmm	40-90 dmm
Punto de Ablandamiento	56°C	55°C	55°C min.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.20: Comparación de cohesión en mezclas de mortero asfáltico de canteras Naranjillo y Vilcaniza.

CANTERA	EMULSION CSS-1hp (%)	% Polímero	0	0.5	1.0	1.5	2.0	Tiempo (hrs)
Naranjillo	13	2	19	20	26	24	25	Torsión (kg-cm)
Vilcaniza	14.5	1.5	16	19	20	24	23	

Fuente: Elaboración Propia

“El resultado del valor Equivalente de Arena en los agregados es también importante, ya que se desean tener agregados limpios, principalmente desprovistos de arcillas, la presencia de finos activos en los áridos es peligrosa, ya que origina verdaderas dificultades en la envuelta consumiéndose mucha agua y, a veces, haciendo romper prematuramente la emulsión aniónica, o

consumiendo mucho aditivo en las catiónicas. Cuanto más alto sea el valor del Equivalente de Arena, más limpio es el árido”⁵.

El agregado triturado de la cantera Naranjillo tiene un valor de Equivalente Arena de 73%, mientras que el de la cantera Vilcaniza es 65%. En la tabla 5.21 se aprecia que el mortero asfáltico con agregado de cantera Vilcaniza requiere una mayor cantidad de agua en la mezcla.

Tabla 5.21: Comparación de cantidad de agua a emplear en mezclas de mortero asfáltico de canteras Naranjillo y Vilcaniza.

COMPONENTES DE LA MEZCLA	MORTERO ASFÁLTICO NARANJILLO	MORTERO ASFÁLTICO VILCANIZA
Cantidad de agua (incluyendo la humedad del agregado)	10.5%	11.7%

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar el porcentaje óptimo de asfalto residual, de acuerdo a la metodología ISSA, se realiza en forma conjunta los ensayos W.T.A.T (Wet Track Abrasion Test) y LWT (Loaded Wheel tester). El primero determina el contenido mínimo de asfalto para proporcionar una cohesión suficiente que permita obtener la máxima pérdida de abrasión admisible. Mediante el segundo se determina el máximo contenido de asfalto, de acuerdo al límite admisible de absorción de arena por la probeta. En cada uno de los ensayos se representan los resultados mediante una curva, que al combinarlas es posible fijar el rango válido de contenido de asfalto, tal que se eviten exudaciones por exceso y desgastes por defecto.

Los factores más importantes que influyen en el comportamiento de la mezcla, son los siguientes:

⁵ UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID-FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT; "FIRMES Y PAVIMENTOS-LECHADAS Y MICROAGLOMERADOS ASFÁLTICOS", XV Curso Internacional de Carreteras, 2000. TEMA F.P 14 Pág. 3.

- Naturaleza del asfalto
- Contenido de asfalto
- Granulometría del agregado
- Porcentaje de vacíos
- Dureza del agregado
- Forma y textura del agregado
- Contenido de finos

La cantidad y características del asfalto son importantes ya que influyen en la cohesión. La cohesión se incrementa con el incremento del contenido de asfalto, hasta un punto óptimo después del cual el aumento en el contenido de asfalto forma una película gruesa que produce una pérdida de fricción entre las partículas de agregado. La penetración del asfalto base también es uno de los factores que afectan el tiempo de curado, el tiempo de curado crece cuando aumenta la penetración o disminuye la dureza del asfalto.

La resistencia a la desintegración producida por el tránsito puede incrementarse aumentando el contenido de asfalto, utilizando granulometrías densas y logrando adecuados grados de compactación. Un exceso de contenido afecta la estabilidad de la mezcla debido a que el efecto lubricante, que produce el exceso de asfalto, reduce el contacto entre las partículas de agregado y por lo tanto disminuye la fricción interna de la mezcla. Un déficit de contenido asfalto genera una mezcla propensa a sufrir agrietamiento por fatiga.

Por otro lado, es importante tener una graduación razonable que presente valores de vacío adecuados ya que esto mejora la resistencia a la degradación durante la construcción y el tránsito vehicular y mejora la resistencia a la falla por fatiga. Las mezclas que emplean granulometría densa, resultan con adecuados vacíos de aire y buen contacto entre partículas a diferencia de una granulometría abierta, en las cuales existe menor contacto entre partículas. La distribución de tamaños entre partículas controla y mantiene un contenido apropiado de vacíos y proporciona la textura superficial de la mezcla.

La dureza y la resistencia del agregado a la abrasión son características esenciales cuando el agregado va a estar expuesto a los efectos del tránsito

vehicular y son indicativos de predicción del desempeño de las mezclas en términos de resistencia a la degradación e intemperismo.

“Las características de dureza de los agregados se encuentra íntimamente relacionada con la resistencia a la abrasión y degradación de la mezcla, debiéndose exigir mayores grados de dureza cuanto mayor sea el tamaño de los áridos, así como en tratamientos en zonas de elevada intensidad de tráfico o en tratamientos correctores de deslizamiento. La penetración del asfalto base tiene cierta incidencia en los resultados de las pérdidas de abrasión, pero más importante es su influencia sobre la flexibilidad del mortero y resistencia a la exudación.

Por lo que respecta al filler, su naturaleza y contenido es de la mayor importancia por su influencia en la adhesividad, velocidad de rotura de la emulsión y características finales del mortero. Supuesta una calidad aceptable, su contenido deberá mantenerse dentro de unos límites estrictos. Así, un exceso de filler en el mortero hace que se necesite un contenido elevado de ligante o, de lo contrario, el mortero tendrá tendencia al agrietamiento, siendo frágil y quebradizo. De la misma manera, un defecto de filler, unido a un árido con valor de equivalente arena alto, originará mezclas segregables con menor poder cohesivo y, por tanto, menos duraderas a la acción del tráfico. La arena tenderá a sedimentar, el betún subirá a la superficie y el mortero no tendrá buena cohesión”⁶.

En la tabla 5.22 se aprecia que ambos agregados presentan un valor muy aceptable de resistencia a la abrasión. La dureza de los agregados fue medida con el ensayo de desgaste en la máquina Los Ángeles. Los agregados, producto de la trituración mecánica, tienen forma angulosa y textura rugosa. Estas partículas proveen una importante fricción interna que las hace adecuadas para producir mezclas resistentes. De acuerdo a los resultados del ensayo de Abrasión en Húmedo (tablas 5.2 y 5.7), los valores de pérdida de abrasión de los morteros asfálticos de canteras Naranjillo y Vilcaniza se encuentran por debajo de 807g/m², que es el límite máximo recomendado por la norma ISSA.

⁶ UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID-FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT; "FIRMES Y PAVIMENTOS-LECHADAS Y MICROAGLOMERADOS ASFÁLTICOS", XV Curso Internacional de Carreteras, 2000. TEMA F.P 14 Pág.9.

Tabla 5.22: Comparación de abrasión en agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza.

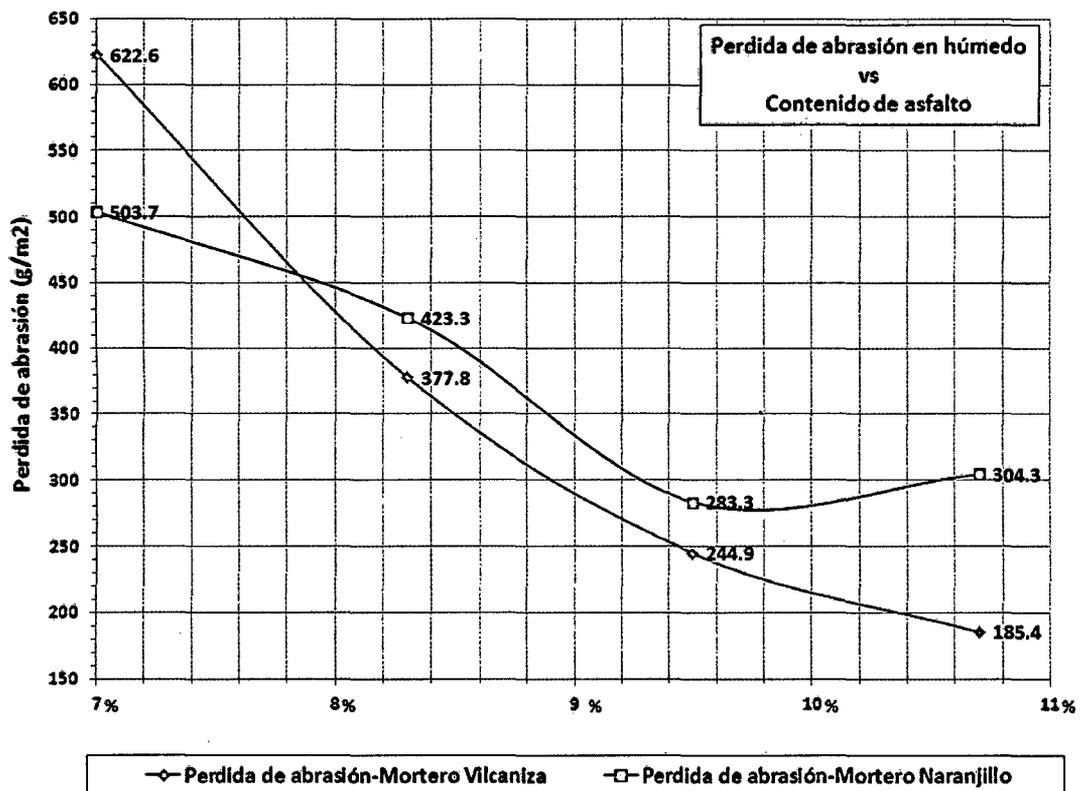
CANTERA	(%) ABRASIÓN	REQUERIMIENTO ISSA
Naranjillo	12	Max. 35%
Vilcaniza	20	

Fuente: Elaboración Propia

La figura 5.15 muestra la variación en pérdida de abrasión para diferentes porcentajes de asfalto en los morteros con agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza. De la gráfica, se aprecia que las pérdidas de abrasión tienden a disminuir conforme se incrementa la cantidad de asfalto en cada mortero.

De los resultados de diseño de morteros asfálticos se determinó que la cantidad óptima de asfalto para cantera Naranjillo es 8% y para cantera Vilcaniza es 9%. Comparando la curva de ambos morteros, se distingue que la pérdida por abrasión es menor en el mortero asfáltico de agregado de cantera Naranjillo, para cantidades de asfalto por debajo de su óptimo valor (8% aproximadamente).

La granulometría es otro aspecto a considerar. Como se mencionó anteriormente, la resistencia a la desintegración producida por el tránsito se ve favorecida con espacios que garanticen buen contacto entre los agregados y adecuados espesores de asfalto, para ello los agregados de menor tamaño deben ser acomodarse entre los espacios de los agregados más grandes para lograr un porcentaje de vacíos adecuado, esto se logra cuando la gradación se aproxima al huso inferior. El material de cantera Vilcaniza presenta esta situación y su mortero asfáltico presenta mejor resistencia a la abrasión para cantidades de asfalto mayor a 8%. De acuerdo al diseño de mezcla, el óptimo contenido de asfalto del mortero asfáltico Vilcaniza es 9%, mientras más disminuyan las cantidades de asfalto se tendrán menores películas de asfalto y menor cohesión en la mezcla, haciendo recaer en el agregado la resistencia a la abrasión.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.15: Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) para mezclas de mortero asfáltico con agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza.

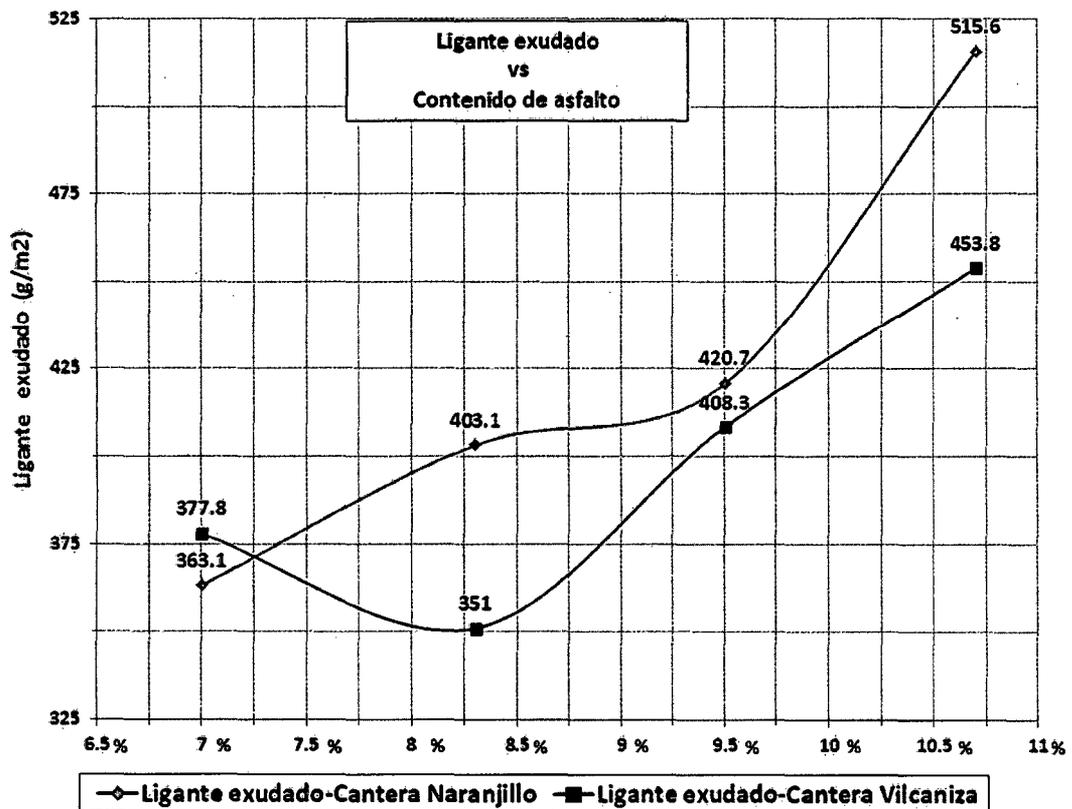
En las tablas 5.2 y 5.7 se aprecian los resultados del ensayo Rueda Cargada (LWT-ISSA TB 109), los resultados representan la tendencia a exudar.

De acuerdo a investigaciones, hasta cierto valor la estabilidad aumenta con incrementos en el contenido asfáltico; a partir de dicho valor, la estabilidad de la mezcla disminuye con nuevos incrementos de asfalto. Esto se debe al efecto lubricante que produce el exceso de asfalto sobre las partículas de agregado reduciendo el contacto entre las partículas de agregado y por lo tanto disminuyendo la fricción interna de la mezcla. Por tanto se tendrá una mezcla más deformable y con riesgo de exudación, la cual puede ser asociada con ahuellamiento. El ahuellamiento y la exudación son fenómenos que tienen su origen en una combinación de factores que se conjugan en el diseño, construcción y servicio. Las principales causas tienen que ver con parámetros volumétricos y la granulometría de la mezcla.

En el ensayo de Rueda Cargada, la tendencia a exudar se calcula con el peso de arena adherida por unidad de superficie de la probeta. De los resultados de ensayo, se evidencia que el ligante exudado de los morteros asfálticos de canteras Naranjillo y Vilcaniza se encuentra por debajo de 538g/m², que es el límite máximo recomendado por la norma ISSA. Los resultados de ensayo fueron representados en la figura 5.16, donde se muestra la variación en ligante exudado para diferentes porcentajes de asfalto en los morteros. Se aprecia que el ligante exudado tiende a aumentar conforme se incrementa la cantidad de asfalto en cada mortero.

De la gráfica 5.16, se evidencia también que la cantidad de ligante exudado tiende a ser mayor en el mortero asfáltico con agregado de la cantera Naranjillo. La granulometría es uno de los factores que inciden en la exudación y el ahuellamiento, para que una mezcla sea resistente al ahuellamiento debe existir un contacto íntimo entre las partículas gruesas, más resistentes y de mayor fricción interna. La cantidad de agregado de menor tamaño debe ser tal que pueda ser colocado en el espacio que dejan los agregados más gruesos, sin interferir en su contacto entre partículas, y así sucesivamente con los tamaños más finos. Para una banda granulométrica y un tamaño máximo la granulometría puede estar más cerca del límite superior o del límite inferior. La mezcla será menos susceptible al ahuellamiento y exudación cuando la granulometría se aproxime al límite inferior del huso en los tamaños medios. Esta explicación concuerda con diversas investigaciones extranjeras.

Lo acertado es proporcionar suficiente espacio para el asfalto y se produzca una adhesión adecuada para ligar las partículas de agregado cuando, durante la etapa de servicio, las temperaturas se incrementen y el asfalto se expanda. Un aspecto importante en el diseño de mezclas es lograr una adecuada cantidad de vacíos en el agregado mineral (vacío intergranular entre las partículas del agregado en una mezcla asfáltica, que incluye los vacíos de aire y el contenido de asfalto efectivo, expresado como un porcentaje del volumen total). Valores muy bajos de estos vacíos pueden indicar que el asfalto no tendrá suficiente espacio y que por lo tanto podría ahuellarse y/o exudar.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.16: Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Rueda Cargada (LWT) para mezclas de mortero asfáltico con agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza.

5.5.2.2.- Comparación de diseños de micropavimento

Se realizaron diseños de Micropavimento Tipo II con el agregado triturado de las canteras Naranjillo y Vilcaniza. La tabla siguiente muestra la comparación de las dosificaciones resultantes:

Tabla 5.23: Comparación de diseños de mezcla micropavimento con agregado triturado de las canteras Naranjillo y Vilcaniza.

COMPONENTES DE LA MEZCLA	MICROPAV. NARANJILLO	MICROPAV. VILCANIZA	REQUERIMIENTO ISSA
Cantidad optima de emulsión asfáltica CQS-1hp	9.4%	15.4%	**
Cantidad de residuo asfáltico	5.9%	9.8%	5.5%-10.5%
Cantidad de agua (incluyendo la humedad del agregado)	8%	8.5%	Como sea necesario para alcanzar consistencia apropiada de la mezcla
Cantidad de filler (Cemento Portland)	0.1%	0.2%	0- 3% (Basado en peso de agregado seco)

** ISSA limita el contenido de residuo asfáltico en la muestra

Fuente: Elaboración Propia

Similar al caso anterior de mortero asfáltico, es la cantera Vilcaniza la que requiere mayor contenido de asfalto y mayor cantidad de agua. La granulometría del agregado está directamente relacionada con el óptimo contenido de asfalto, entre más finos contenga la granulometría, mayor será la cantidad de asfalto requerida para cubrir, uniformemente, todas las partículas. Por otro lado, la mayor cantidad de agua en la mezcla Vilcaniza está relacionada a su menor valor de Equivalente Arena.

Las cantidades de emulsión en las mezclas de micropavimento son mayores a las empleadas en las mezclas de mortero asfáltico, un factor que influencia en esto es la cantidad de filler. Poca cantidad de filler resulta en una mezcla más húmeda, mientras que los pequeños incrementos en la cantidad de relleno mineral, pueden absorber, literalmente, gran parte del contenido de asfalto, resultando en mezclas más secas. Tal como se indica en el caso de morteros asfálticos, el contenido de filler debe ser controlado ya que un elevado contenido afecta la trabajabilidad de la mezcla al elevar su viscosidad y un bajo contenido produce mezclas inestables, las cuales tienden a deformarse y a exudar.

Lógicamente y de acuerdo a la norma ISSA, la dosificación resultante en el diseño de mezcla puede requerir ajustes durante la construcción. El agua y el aditivo depende de forma muy importante de las condiciones climatológicas de la

obra. El ingeniero de campo deberá dar la aprobación final a todos los ajustes requeridos.

Entre las principales funciones del aditivo se encuentra el facilitar la envuelta de la emulsión y regular la velocidad de rotura de la misma. El aditivo actúa disminuyendo la tensión superficial árido-emulsión, permitiendo un mojado perfecto y homogéneo de la arena, a la vez que mejora la adhesividad árido-ligante. El aditivo crea una película sobre la superficie del árido que actúa de barrera protectora, regulando la rotura de la emulsión, y actuando, a la vez, sobre la viscosidad de la mezcla.

El porcentaje óptimo de asfalto residual, mediante la norma ISSA, se determina con los ensayos W.T.A.T (Wet Track Abrasion Test) y LWT (Loaded Wheel tester). Los principales factores involucrados en el comportamiento de la mezcla son los mismos explicados anteriormente: naturaleza y contenido de asfalto, porcentaje de vacíos, granulometría y dureza del agregado, forma y textura del agregado, contenido de finos.

En las tablas 5.5 y 5.10 se aprecian los resultados del ensayo Abrasión en Húmedo (WTAT-ISSA TB 100) de los micropavimentos con agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza. Se distingue que los valores de pérdida de abrasión del micropavimento Naranjillo se encuentran por debajo de 538g/m², que es el límite máximo recomendado por la norma ISSA. Los valores de pérdida de abrasión del micropavimento Vilcaniza, para contenidos de asfalto mayores a 8%, se encuentran por debajo de 538g/m². La figura siguiente muestra la variación en pérdida de abrasión para diferentes porcentajes de asfalto, se aprecia que las pérdidas de abrasión tienden a disminuir conforme se incrementa la cantidad de asfalto en cada mortero.

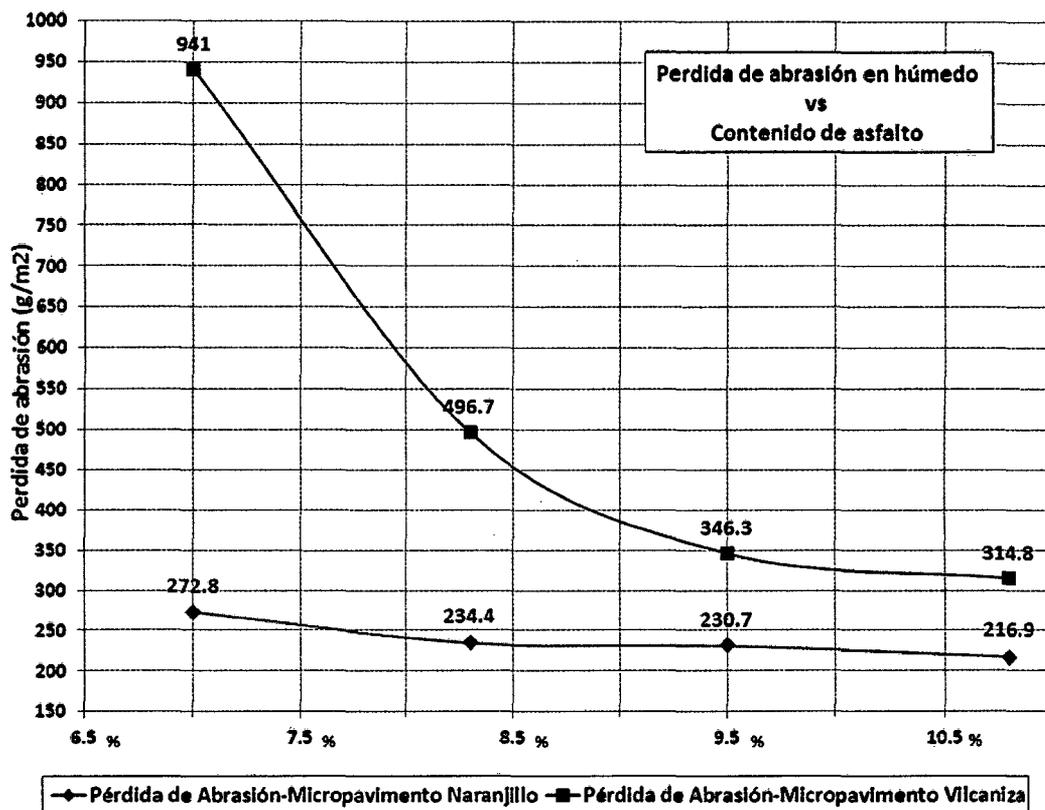
La dureza del agregado y la granulometría del agregado son factores que influyen en la resistencia a la abrasión.

Como se indica en párrafos anteriores, los agregados deben ser capaces de resistir los esfuerzos generados por la aplicación de cargas de tránsito, la resistencia a la abrasión y dureza del agregado influyen en la resistencia a la

degradación de la mezcla. De acuerdo a la norma ISSA, el agregado debe ser triturado, lo cual beneficia la fricción interna y resistencia de la mezcla. La resistencia al desgaste del agregado Naranjillo es mayor que la del agregado Vilcaniza (12% y 20% respectivamente), ambos valores están por debajo del límite máximo establecido por la norma ISSA para micropavimentos, que es 30%.

Por otro lado, como se indicó anteriormente, la granulometría del agregado Vilcaniza presenta un mejor acomodo en la mezcla, lo cual significa que los espacios de la mezcla garantizan buen contacto entre los agregados y adecuados espesores de asfalto.

Comparando la curva de ambos morteros, se distingue que la pérdida por abrasión es menor en el micropavimento de agregado de cantera Naranjillo.

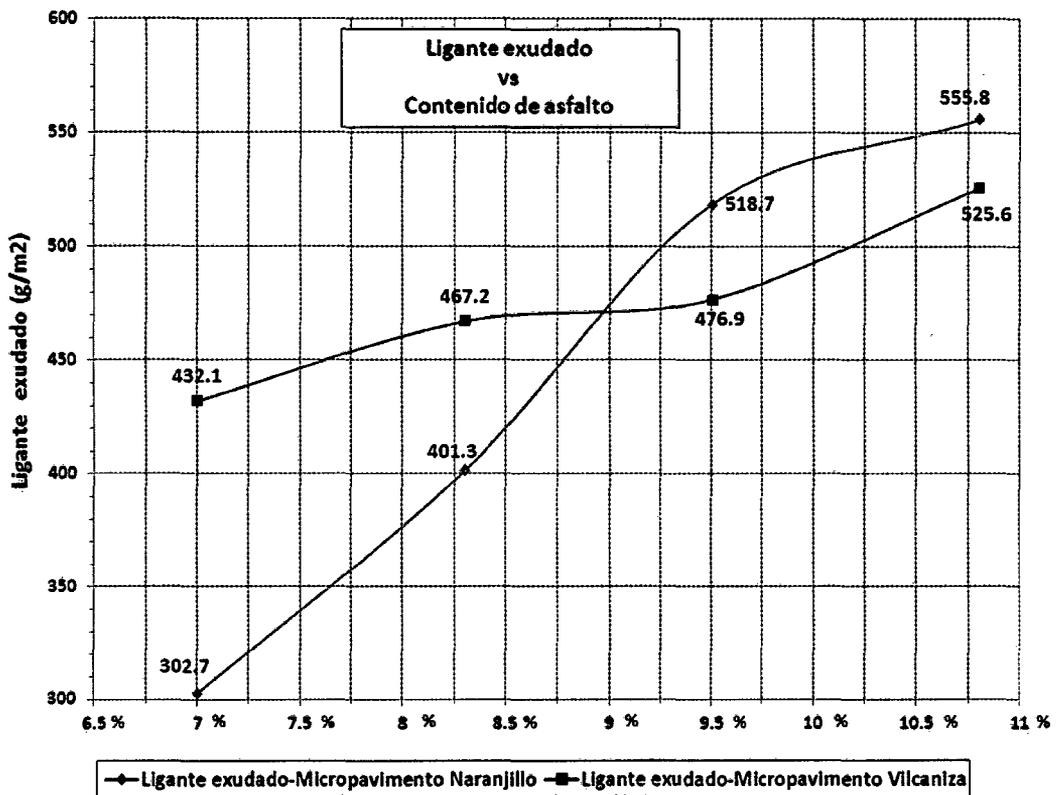


Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.17: Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Abrasión en Húmedo (WTAT) para micropavimentos con agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza.

En las tablas 5.5 y 5.10 se aprecian los resultados del ensayo Rueda Cargada (LWT-ISSA TB 109), los resultados representan la tendencia a exudar. Se aprecia que la exudación es menor en el micropavimento de cantera Vilcaniza, para cantidades de asfalto mayores a su óptimo valor (9.8% aproximadamente).

La razón entre el ligante exudado y el incremento de asfalto es mayor en el micropavimento de cantera Naranjillo. De acuerdo al diseño, el óptimo contenido de asfalto del micropavimento Naranjillo es 5.9%, es decir, con cada incremento de asfalto habrá un exceso de ligante que reducirá cada vez más el contacto entre las partículas del agregado y generándose disminución de la fricción interna de la mezcla e incremento de riesgo de ahuellamiento y exudación.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.18: Superposición de gráficas de resultados de los ensayos Rueda Cargada (LWT) para micropavimentos con agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza.

CAPÍTULO VI

CONTRIBUCIÓN DE MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICROPAVIMENTOS A LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN PAVIMENTOS

Los pavimentos no sólo deben tener unas determinadas propiedades intrínsecas de tipo estructural. Deben satisfacer además unos determinados requerimientos funcionales. Así, las mezcla empleadas en capas de rodadura deben proporcionar una adecuada resistencia al deslizamiento, que ha de mantenerse durante toda la vida del firme.

La propiedad funcional más importante, dentro de la seguridad, es, sin duda, la resistencia al deslizamiento en tiempo de lluvia. El peligro que supone una falta de adherencia suficiente de los neumáticos a un pavimento mojado es particularmente importante y debe evitarse para reducir los accidentes.

La resistencia al deslizamiento es la habilidad de una superficie de pavimento de minimizar el resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie este mojada. Para obtener buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe ser capaz de mantener contacto con las partículas de agregado en vez de rodar sobre una película de agua en la superficie del pavimento (hidroplaneo).

Tabla 6.1: Causas de poca resistencia al deslizamiento.

CAUSAS	EFECTOS
Exceso de asfalto	Exudación, poca resistencia al deslizamiento
Agregado mal graduado o con mala textura	Pavimento liso, posibilidad de hidroplaneo
Agregado pulido en la mezcla	Poca resistencia al deslizamiento

Fuente: Elaboración Propia

Este capítulo será dedicado a esta característica superficial, se desarrollan comentarios y al mismo tiempo se presentan modos de evaluación y los equipos que se emplean para realizar las mediciones.

6.1 FACTORES QUE AFECTAN LA ADHERENCIA DEL NEUMÁTICO AL PAVIMENTO.

La característica funcional más importante del pavimento desde el punto de vista de la seguridad (y que desde siempre ha construido una preocupación primordial entre los técnicos de carreteras) es la adherencia del neumático de los vehículos al pavimento. El riesgo de deslizamiento en tiempo de lluvia debe ser evitado para reducir, en la medida de lo posible, los accidentes.

Los refuerzos para reducir este riesgo se han desarrollado paralelamente por dos caminos complementarios: por un lado, mejorar sustancialmente los neumáticos y los sistemas de frenado de los vehículos; y, por otro, avanzando en el conocimiento del mecanismo de la adherencia entre el neumático y el pavimento, y dotando a la carretera de unas superficies de rodadura con suficiente resistencia al deslizamiento.

Conseguir que haya suficiente adherencia del neumático al pavimento tiene una doble finalidad:

- Lograr una distancia de parada lo menor posible cuando se frena.
- Permitir que el vehículo conserve en todo momento la trayectoria que quiere el conductor.

A estos dos objetivos responden los dos tipos de adherencia, longitudinal y transversal, caracterizados por sus respectivos coeficientes de rozamiento. Un alto coeficiente de rozamiento longitudinal permitirá reducir la distancia de parada cuando se frena. El coeficiente de rozamiento transversal entra en funcionamiento en las curvas y en caso el vehículo se desvíe lateralmente.

6.1.1 Influencia de la Microtextura y Macrotextura en la Adherencia.

Para comprender cómo responde el pavimento al grado de adherencia que se le solicita, puede ser conveniente hacer un recordatorio breve de los conocimientos actuales en la materia y repasar los métodos de medida más utilizados.

Las características del pavimento que contribuyen a la resistencia al deslizamiento son las pequeñas irregularidades superficiales correspondientes a las denominadas microtextura y macrotextura.

Tabla 6.2: Longitud de onda y amplitudes correspondientes a las distintas clases de textura.

Clase de textura	Longitud de onda, λ	Amplitud A
Microtextura	0 - 0,5 mm	0,01 - 0,5 mm
Macrotextura	0,5 - 50 mm	0,01 - 20 mm
Megatextura	50 - 500 mm	0,1 - 50 mm

Fuente: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT, "XIV Curso Internacional de Carreteras-Tema 19: Características superficiales. Medidas de las características superficiales", 2000. Pág. 7

Las dos primeras (microtextura y macrotextura) son irregularidades deseables y buscadas por los técnicos, por contribuir a la resistencia al deslizamiento y a la prevención de los accidentes. Las irregularidades de longitud de onda entre 50 mm y 50 m, correspondiente a la megatextura (entre 50 y 500 mm) o a defectos de regularidad superficial (entre 0,50 y 50m), no son deseables y deben evitarse en lo posible. Las longitudes de onda mayores de 50 ó 100 m se deben a la configuración del perfil longitudinal.

Para asegurar una buena adherencia neumático-pavimento se necesita siempre una cierta microtextura o aspereza de la superficie del pavimento. Pero, además, a velocidades altas y con pavimento mojado, debe tener una macrotextura suficientemente gruesa, para que se pueda evacuar rápidamente el agua.

Microtextura: Se trata de irregularidades superficiales del pavimento menores de 0,5 mm. Sirve para definir la aspereza del pavimento y depende de la textura superficial de los áridos y del mortero bituminoso. Es muy importante para la adherencia entre neumático y pavimento y, por tanto, para la resistencia al deslizamiento en todas las circunstancias. Influye en el desgaste de los neumáticos y algo en el ruido en las altas frecuencias del espectro acústico. En cualquier caso, las irregularidades de este tipo son siempre necesarias.

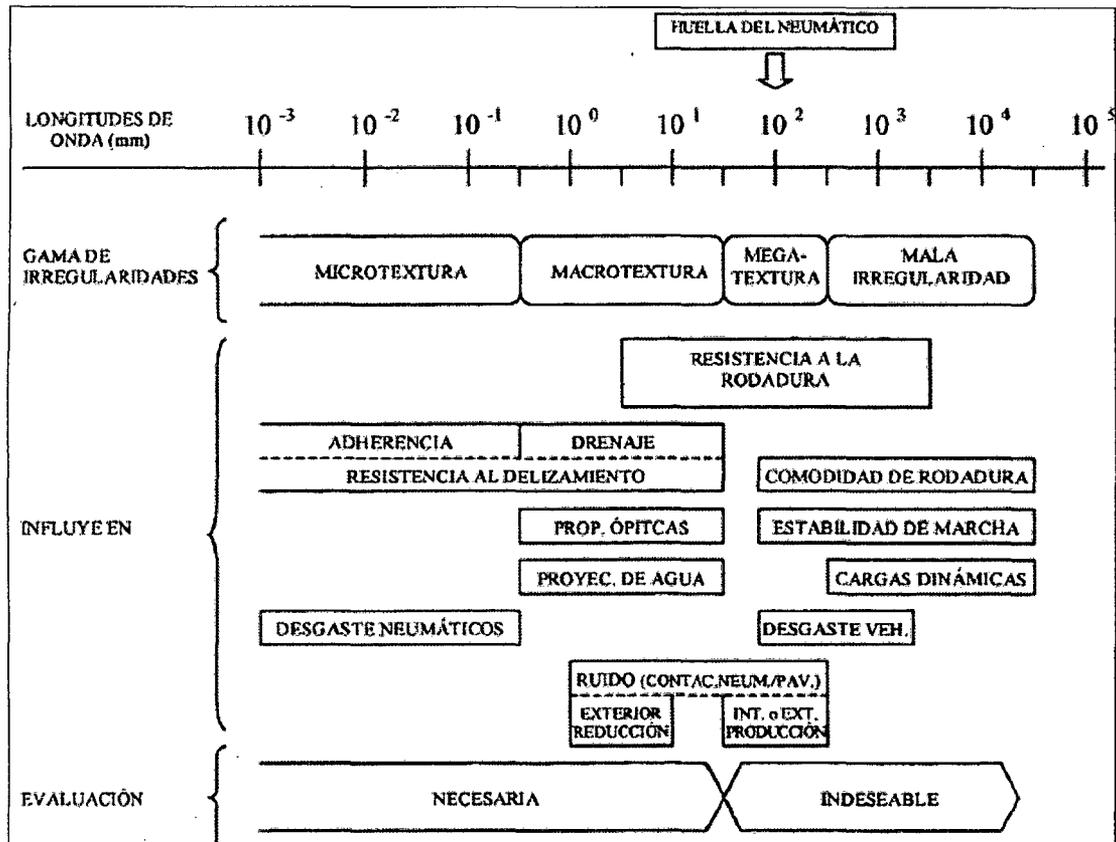
Macrotextura: Está relacionada con irregularidades de 0,5 a 50 mm. Sirve para definir la rugosidad del pavimento y depende del tamaño máximo del árido y de la composición de la mezcla bituminosa. La macrotextura es necesaria para conseguir una adecuada resistencia al deslizamiento a altas velocidades o con el pavimento mojado. Por otra parte, mejora la visibilidad con pavimento mojado y la percepción de las marcas viales, además de eliminar o reducir los fenómenos de reflexión de la luz que tienen lugar en los pavimentos lisos mojados. Por el contrario, los pavimentos con una macrotextura muy rugosa producen un mayor desgaste de los neumáticos y suelen resultar ruidosos.

Megatextura: Corresponde a irregularidades de 50 a 500 mm, relacionadas con la puesta en obra y también con diversos tipos de fallos o degradaciones (baches, peladuras, etc.) y sus reparaciones cuando no están bien realizadas. Esta gama de irregularidades aumenta en particular la resistencia a la rodadura y el nivel de ruido con frecuencias bajas. La rodadura es más incómoda, con vibraciones y dificultades para mantener la estabilidad de la marcha, contribuyendo además al desgaste de los vehículos incluidos los neumáticos.

Irregularidad superficial: Está asociada con ondulaciones de longitudes de onda mayores de 500 mm debidas a la puesta en obra (extensión, compactación, etc.), a deformaciones del firme bajo tráfico o a deformaciones de la explanada. Estas irregularidades afectan a la comodidad de la rodadura por las oscilaciones que producen, aumentan el consumo de combustible e influyen en la estabilidad de los vehículos. Las frecuencias de las oscilaciones de 1-10 Hz son las que más afectan a los usuarios; las más bajas pueden producir mareos y las más elevadas pueden afectar a órganos internos y a la columna vertebral. Además, cuanto mayor es la velocidad del usuario más le afectan las irregularidades de gran longitud de onda.

La megatextura y la irregularidad superficial resultan indeseables desde cualquier punto de vista ya que inciden negativamente sobre la comodidad y aumentan el ruido de rodadura, los gastos de mantenimiento de los vehículos y los gastos de conservación de la vía.

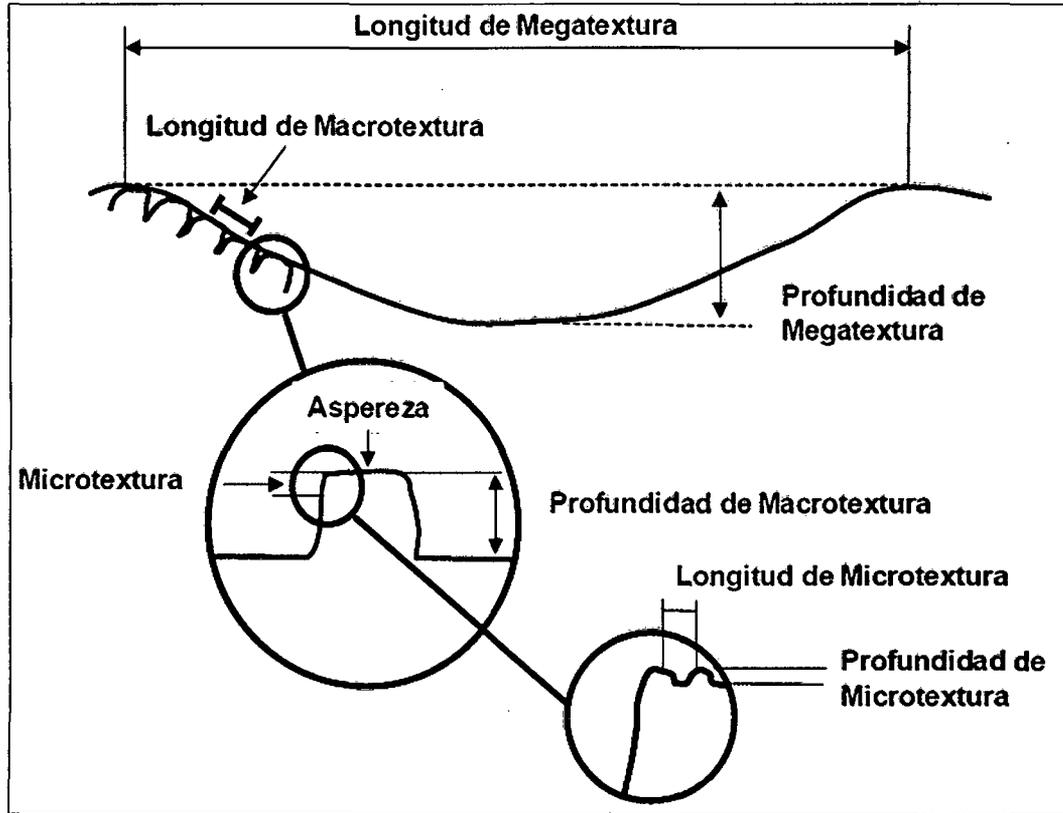
En la figura 6.1 se aprecia la incidencia de cada uno de los factores comentados anteriormente sobre las cualidades del pavimento. Se deduce que es difícil optimizar a la vez todas las cualidades funcionales de los pavimentos. Por ejemplo, al aumentar la macrotextura del pavimento para mejorar la seguridad se produce como contrapartida un aumento del ruido de rodadura.



Fuente: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT, "XIV Curso Internacional de Carreteras-Tema 19: Características superficiales. Medidas de las características superficiales", 2000. Pág. 10

Figura 6.1: Longitud de onda y amplitudes correspondientes a las distintas clases de textura.

Las propiedades funcionales de los morteros asfálticos se han desarrollado y mejorado con el transcurrir de los años, aproximadamente desde los años 60. Hoy en día se han optimizado las características de los materiales empleados, habiéndose conseguido materiales idóneos para su uso en pavimentación con mejores prestaciones que las mezclas convencionales utilizadas como capas de rodadura.



Fuente: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT, "XIV Curso Internacional de Carreteras-Tema 19: Características superficiales. Medidas de las características superficiales", 2000. Pág. 11

Figura 6.2: Tipos de textura en un pavimento.

	SUPERFICIE	CLASES DE TEXTURA	
		MACRO	MICRO
A		GRUESA	ASPERA
B		GRUESA	PULIDA
C		FINA	ASPERA
D		FINA	PULIDA

Fuente: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT, "XIV Curso Internacional de Carreteras-Tema 19: Características superficiales. Medidas de las características superficiales", 2000. Pág. 11

Figura 6.3: Términos utilizados en la textura superficial.

6.2 APORTE DE LOS MORTEROS ASFÁLTICOS Y MICROPAVIMENTOS EN LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.

Un campo fundamental de empleo del mortero asfáltico y micropavimento es el tratamiento antideslizante. Cuando la resistencia al deslizamiento de un pavimento es insuficiente y no concurren otros problemas, como falta de capacidad portante o defectos graves de regularidad, esta técnica se muestra sumamente eficaz siempre que el deslizamiento obedezca al pulido de los áridos y no a exudaciones de ligante.

La duración del tratamiento y el mantenimiento de un alto valor del coeficiente de resistencia al deslizamiento dependen, además de una adecuada puesta en obra, de la naturaleza y granulometría del árido empleado. En países como Chile y Estados Unidos, incluso en casos de tráfico intenso, se ha identificado durabilidad de estos tratamientos entre 6 y 8 años.

6.2.1 Influencia de los tipos de granulometría de morteros asfálticos y micropavimentos:

Granulometría tipo II: La mezcla con este agregado es usada cuando se desea llenar vacíos de superficie, corregir condiciones severas de superficie y proveer sellado y una superficie de uso. Los áridos del tipo II son los que se emplean más comunmente y ampliamente, en donde el tráfico es de moderado a pesado. Estos áridos sellan, corrigen desmoronamientos moderados y graves, oxidación del ligante y pérdida de finos y mejoran la resistencia al deslizamiento. Un ejemplo típico de este tipo de superficie podría ser en pavimentos con superficies de textura media que requieran esta medida de agregado para llenar las grietas y poseer una mínima superficie de uso. Otro ejemplo podría ser situando un mortero general en base flexible, base estabilizada, o suelo cemento como un sellador anterior a la pavimentación final.

Granulometría tipo III: La mezcla con este agregado es usada para dar máxima resistencia al deslizamiento y una adecuada superficie de uso. El tipo III corrige los desperfectos graves del pavimento proporcionando propiedades

antideslizantes bajo condiciones de tráfico muy pesadas. Un ejemplo típico de este tipo de superficie es como segunda o tercera capa de un tratamiento multi-capa en base flexible, base estabilizada o suelo cemento. Otro ejemplo de este tipo de superficie podría ser en pavimentos los cuales tienen superficies altamente trituradas y requieren esta medida de agregado para llenar los vacíos y proveer una adecuada superficie de uso.

El uso adecuado de los morteros asfálticos y micropavimentos permite brindar soluciones para sellar los pavimentos que presentan un estado de oxidación muy avanzado. Además, permite restaurar la textura superficial y proveerla de mayor resistencia al deslizamiento; otro uso que se le da, tiene que ver con la impermeabilización de las capas de rodadura y también se puede utilizar para corregir el desprendimiento de partículas.

Resultados a largo plazo recogidos por varios estados de Estados Unidos, indican un buen comportamiento a lo largo de toda la vida del micro-pavimento. Citando algunos de ellos:

- Oklahoma ha encontrado que el micropavimento provee adecuada fricción superficial por lo menos durante 4 años con volúmenes de tráfico promedio hasta 70,000 vehículos por día.
- Pennsylvania indica buena resistencia a largo plazo para micropavimentos colocados tanto sobre pavimento asfáltico como de concreto hidráulico. Datos recogidos hasta 5.5 años en varias carreteras de alto volumen de tráfico han dado números de fricción adecuados y que en muchos proyectos se incrementaron con el tiempo.
- Experiencia en Ohio, Virginia, West Virginia, Tennessee, Texas y otros Estados han sido muy positivas.

6.3 ENSAYOS PARA EVALUAR LA MACROTEXTURA Y MICROTEXTURA DE UN PAVIMENTO.

Si bien es cierto, existen exigencias en el cumplimiento de las propiedades estructurales del pavimento, es también importante asegurar buenas características superficiales al mismo, pues de esta dependerá la buena funcionalidad del pavimento.

Parámetros como resistencia al deslizamiento, macrotextura, son cualidades sencillas de medir; y que a su vez son de suma importancia pues de ellas dependen la adherencia al neumático, la proyecciones de agua en tiempo de lluvia, el ruido exterior e interior, la comodidad y estabilidad en la marcha, las propiedades ópticas etc. por ello mantener las cualidades funcionales del pavimento también son importantes sobre todo cuando se observa que en muchos casos los accidentes también están relacionados con la condición superficial del pavimento.

6.3.1 Especificación de Indicadores

En el proceso de medición se debe considerar la naturaleza de las variables a medir: Por un lado, que la textura de un pavimento es una propiedad física del mismo y, como tal, puede ser medida mediante un proceso estandarizado que garantice la repetibilidad de la medición. Por otro, la resistencia al deslizamiento y la fricción son un fenómeno físico en el que interactúan tres elementos: las propiedades físicas del pavimento, una interfase o medio y el vehículo. Por lo tanto, la variabilidad temporal y espacial del pavimento, el trazado y el proceso de conducción mismo deben ser considerados, con el fin de obtener un índice representativo de un segmento de un camino o carretera y para alguno de los propósitos antes señalados. En la siguiente tabla, se presenta una descripción de indicadores asociados a cada tipo de variable.

Tabla 6.3: Indicadores de textura y fricción.

Variable		Indicador/Índice	Descripción
Fricción	Longitudinal	Coefficiente de Fricción Longitudinal	Estimador de la fuerza de arrastre necesaria para ejecutar la maniobra de frenado en recta, en ausencia de deriva.
	Transversal	Coefficiente de Fricción Lateral	Indica la oferta de fricción en curvas y a lo largo del trazado para realizar maniobras de emergencia.
Textura	Microtextura	Numero de Péndulo	Idem caso anterior.
		Densidad de Potencia Espectral	Permite medir el microperfil de los áridos expuestos a la superficie del pavimento. Se mide en forma estática.
	Macrotextura	Profundidad Media de la Textura	Permite estimar la profundidad equivalente de la textura respecto de una superficie de área conocida.
		Profundidad Media del Perfil	Permite estimar a lo largo de un eje la profundidad del microperfil de longitus de onda entre 0.5 y 50mm
		Profundidad Estimada de la Textura	Corresponde al valor de textura estimado a partir de la profundidad media del perfil.
Integrados	Índice de Fricción Internacional (IFI)	In tegra la textura y la fricción lateral en una ecuación de referencia. Permite homologar medidas realizadas con diferentes equipos.	

Fuente: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, "Antecedentes para la inspección y diseño de especificaciones de textura, resistencia al deslizamiento y fricción en pavimentos", 2000. Pág. 7

En cada caso, los indicadores son estimados en función del equipo que se utilice para medirlos. Por lo tanto, es necesario que en cada caso exista una condición estándar de experimentación que permita realizar mediciones precisas, estadísticamente hablando. Otro aspecto necesario de considerar es la variabilidad temporal y espacial de los indicadores. Es necesario definir un tamaño muestral que permita identificar sitios de medición, frecuencia de medición y longitud de sitios de medición, tal que exista representatividad estadística de los datos y, a la vez, que permita describir claramente el fenómeno que se está analizando. Estos aspectos se analizan a continuación.

6.3.2 Equipos y especificaciones de ensayos

Las técnicas de medición de los indicadores resumidos en Tabla 6.3, están asociadas al tipo de equipo empleado. La textura puede medirse mediante

métodos volumétricos o perfilométricos, en tanto que la resistencia al deslizamiento y la fricción, requieren el uso de equipos que permitan reflejar las condiciones de interacción en presencia y ausencia de aceleraciones laterales.

a. Medición de Textura

La microtextura puede medirse mediante dos técnicas. Una es mediante el Péndulo Británico o SRT (*Skid Resistance Tester*) o mediante técnicas de procesamiento de imágenes. La macrotextura puede estimarse aplicando métodos de tipo: (a) Volumétrico como el Método de la Mancha de Arena, regulado por la norma ASTM E965; (b) Métodos indirectos, basados en el uso de perfilómetros; (c) Medición directa, basada en equipos móviles o estacionarios de medición de textura tales como el equipo MTM (*Mini Texture Meter*). En la tabla 6.4, se muestra un resumen de las técnicas y/o equipos de medición, el principio de medida, y la norma asociada al ensayo.

Tabla 6.4: Equipos de medición de textura.

Equipo	Principio de Medida	Velocidad de Operación	Norma
Equipo de Círculo de Arena	Area de Círculo	Estacionario	ASTM E965 - 96
TRL Skid Resistance Tester (SRT)	Contacto	Estacionario	ASTM E303 - 83 TRL NLT - 175
TRL Mini Texture Meter (MTM)	Láser	3 - 6 Km./h	HD36/99

Fuente: Elaboración Propia

b. Medición del Coeficiente de Fricción Longitudinal

Los equipos de medición de este indicador se basan en el principio de bloque de rueda sin esvía. La estimación puede realizarse en forma directa utilizando equipos del mismo tipo de los empleados para la medición de fricción transversal. También se puede medir en forma indirecta mediante la estimación del factor de arrastre, que corresponde a la razón entre la deceleración máxima de frenado y la aceleración de gravedad. El valor obtenido, la constante de frenado, refleja el valor de fricción longitudinal requerida para un bloque del 100 % de rueda, justo en el instante en que comienza el deslizamiento.

c. Medición del Coeficiente de Fricción Transversal

Los equipos para medir la resistencia al deslizamiento están basados en el principio de bloqueo de rueda. El valor del coeficiente se estima como el 15 % del valor máximo de coeficiente de frenado. La medición de fricción transversal, se aplica considerando una rueda bloqueada esviada entre 15 y 20 grados respecto del eje de desplazamiento, de modo tal que el coeficiente de fricción sea cercano al valor máximo.

Estos principios son los aplicados en equipos tales como SCRIM, MU – Meter y GRIP Tester, que permiten medir a una velocidad entre 20 y 140 Km/h.

d. Medición de ambos Coeficientes de Fricción

El Péndulo de Fricción TRRL se utiliza para medidas puntuales, es decir, no mide de forma continua. Esto trae como consecuencia que se tenga que obstaculizar el tránsito para su medida. Este equipo mide el coeficiente de fricción para velocidades menores a 50 km/h. Se usa tanto para medir el CFL como el CFT, dependiendo de la ubicación del equipo. Se utiliza sobre una superficie húmeda, dejando desplazarse un péndulo, que tiene debajo una zapata. Este recorre una distancia normalizada en la superficie a medir, hasta el reposo. Esta pérdida de energía por la fricción que tiene el pavimento se registra en una escala graduada que tiene incorporado.

6.4 EVALUACIÓN EN LOS PAVIMENTOS PERUANOS.

En las Especificaciones Generales de Carreteras del Perú, en los ítems “g” de las Secciones 420 y 425 del capítulo 4, se cita:

“(g): Controles adicionales que debe efectuar el Supervisor durante cada jornada de trabajo:

(2) Textura:

Por jornada de trabajo deberá efectuarse, como mínimo dos pruebas de resistencia al deslizamiento (MTC E 1004) y dos de profundidad de

textura con el Método del Círculo de Arena (MTC E 1005). En relación con la primera, ningún valor individual podrá presentar un valor inferior a 0,45, y respecto de la segunda, el promedio de las dos lecturas deberá ser cuando menos igual a 0,6 mm, sin que ninguno de los dos valores (PTI) sea inferior en más del 10% al promedio mínimo exigido.

PTI \geq 0,54 mm

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES.

- En aspectos de diseño, la diferencia básica entre morteros asfálticos y micropavimentos es la emulsión. Los morteros asfálticos emplean emulsiones de rotura lenta no necesariamente con asfaltos modificados mientras que los micropavimentos emplean emulsiones de rotura rápida con asfaltos modificados ya que uno de sus beneficios principales debe ser garantizar apertura al tráfico luego de un corto periodo de tiempo.
- No es suficiente que los materiales sean de buena calidad. Para asegurar un diseño satisfactorio, es necesario evaluar la compatibilidad entre los componentes y las propiedades mecánicas de las mezclas. En el caso de requerir el empleo de aditivos, se torna más dificultoso evaluar la compatibilidad del sistema ya que se requiere hallar una dosificación que garantice un adecuado tiempo de trabajabilidad considerando una concentración de aditivo que mejore las características de la mezcla y no afecte su consistencia.
- En esta investigación se presenta un claro ejemplo de las ventajas del empleo de polímeros mediante la comparación entre las mezclas de mortero asfáltico con emulsión modificada y con emulsión convencional, ambas mezclas son diseñadas con un mismo agregado. En el mortero con emulsión modificada se evidencia un mejor desempeño en los ensayos de Abrasión en Húmedo (WTAT) y Rueda Cargada (LWT), en el caso de emulsión convencional la mezcla no alcanzó a cumplir las exigencias de los ensayos presentando incluso fallas en las muestras. En los morteros asfálticos con agregados de las canteras Naranjillo y Vilcaniza se consideran emulsiones modificadas con polímeros y agregados triturados, el objetivo de realizar modificaciones a los componentes es mejorar propiedades como afinidad árido-ligante y resistencia al desgaste.

- En base a la norma ISSA, los agregados naturales de las canteras Naranjillo y Vilcaniza no cumplían con el mínimo valor equivalente arena recomendado para micropavimentos y no encajaban adecuadamente en el huso tipo II para morteros asfálticos y micropavimentos. Queda demostrado que al triturar los agregados de las canteras Naranjillo y Vilcaniza se logra cumplir con el huso tipo II y además se mejoran los valores de equivalente arena, resistencia a la abrasión, valor de azul de metileno y durabilidad. Los agregados triturados de ambas canteras cumplen las exigencias de la norma ISSA.
- El efecto particular del agregado es uno de los parámetros más significativos en las mezclas de morteros asfálticos y micropavimentos. La granulometría del agregado influye en la cantidad de asfalto, la resistencia al desgaste incide en la resistencia a la abrasión producida por el tránsito vehicular, el valor equivalente arena influye en la adherencia de la emulsión a las partículas de agregado. Además, un material bien graduado contribuye a que las mezclas sean menos susceptibles al ahuellamiento y exudación. El valor equivalente arena refleja la limpieza del material, agregados más sucios requerirán mayores cantidades de agua y de emulsión.
- El óptimo contenido de asfalto, en base a la norma ISSA, es determinado mediante ensayos mecánicos. Los óptimos contenidos de asfalto, para los morteros asfálticos de canteras Naranjillo y Vilcaniza, son 8% y 9% respectivamente. Considerando los óptimos contenidos de asfalto, el mortero Vilcaniza evidencia mejor comportamiento que el mortero Naranjillo ya que presenta mayor resistencia a la abrasión y menor tendencia a la exudación. En obra, el mortero asfáltico se coloca en una capa de espesor delgado, por ello, la resistencia a la abrasión es una de las características esenciales para el buen funcionamiento de la mezcla.
- Los óptimos contenidos de asfalto, para los micropavimentos con agregados de canteras Naranjillo y Vilcaniza, son 5.9% y 9.8% respectivamente. Considerando los óptimos contenidos de asfalto, el micropavimento Naranjillo evidencia mejor comportamiento que el

micropavimento Vilcaniza ya que presenta mayor resistencia a la abrasión y menor tendencia a la exudación.

- El ensayo de Cohesión en Húmedo es importante para clasificar a la mezcla e indicar lo que se puede esperar de esta fórmula de trabajo con respecto al tiempo de curado y tiempo de apertura al tráfico. De los ensayos realizados se demuestra que la mezcla de mortero asfáltico con agregado de cantera Naranjillo es un sistema de curado rápido-tránsito inmediato ya que desarrolla un nivel de torsión de 20 kg-cm dentro de 30 minutos y la mezcla de mortero asfáltico con agregado de cantera Vilcaniza es un sistema de curado rápido-tránsito rápido ya que desarrolla un nivel de torsión de 20 kg-cm dentro de 60 minutos.
- Se pone de manifiesto que la reproducibilidad de la Prueba de Rueda Cargada es cuestionable, ya que el brazo que mueve la rueda no permanece horizontal, sino que más bien se mueve hacia arriba y hacia abajo durante la prueba. Esto cambia la presión sobre la muestra. Hasta ahora los pesos utilizados para aplicar presión, son bolsas con perdigones de plomo, estas bolsas pueden desplazarse durante la prueba y afectar la presión aplicada.
- En el ensayo de Abrasión en Húmedo, para contenidos de asfalto muy por encima del óptimo, se pone en riesgo el objetivo del ensayo ya que el desprendimiento llega a ser mínimo, el cilindro de caucho tiende a deslizarse sobre la superficie de la muestra. Esto significa algo perjudicial para el tránsito de vehículos, la falta de adherencia de los neumáticos a la superficie de la vía genera el riesgo de deslizamientos.
- En general, los morteros y micropavimentos proporcionan una vía segura a los deslizamientos. Exigencias de dureza y proporción elevada del árido procedente del triturado son esenciales para la funcionalidad de la vía ya que generan una textura microrugosa áspera y una macrotextura adecuada producto de la elevada resistencia a la abrasión del agregado. La buena calidad de la arena que se exige en las mezclas deberá extremarse, como es lógico, para aquellas que estén destinadas a proporcionar una capa de rodadura con una microtextura importante

7.2 RECOMENDACIONES.

- Es importante que en la selección de los agregados y en la evaluación de su calidad de la mezcla se consideren los intereses del proyecto, dado que en obra pueden suscitarse casos como: limitaciones en la cantidad de canteras, limitaciones para realizar modificaciones a las granulometrías.
- La correcta toma de muestras del agregado y el cálculo correcto de las cantidades necesarias para el diseño en laboratorio, son vitales para obtener concentraciones que representen los requerimientos reales de cada uno de los componentes de mezcla, ya que especímenes realizados con granulometrías no representativas provocarán resultados erróneos tanto en la cantidades requeridas de emulsión y agua de mezclado, como en el comportamiento esperado del sistema.
- El empleo de materiales triturados es altamente recomendable en ambas mezclas ya que brindan mayor rugosidad y evitan problemas de desprendimiento. En caso no se contara con la posibilidad de triturar el material, se puede seleccionar de preferencia el material angular para asegurar la adherencia.
- La correcta elaboración de los especímenes de ensayo, para establecer el contenido mínimo y máximo de asfalto en las mezclas, es de vital importancia, por lo que no deben ser ensayados especímenes que presenten segregación de agregado, mala granulometría, poca uniformidad de componentes, etc. La utilización de especímenes en mal estado dará como resultado datos no fiables. Se recomienda utilizar como mínimo cuatro porcentajes de asfalto para la realización de los ensayos de diseño de mezcla.
- Para mayor exactitud en los resultados, es recomendable realizar investigaciones sobre el ensayo de Rueda Cargada considerando una modificación en el brazo de la máquina a fin de que pueda permanecer de forma horizontal y además mejorar la manera de transmitir la presión a

la muestra reemplazando las bolsas de perdigones de plomo por placas que puedan ser sujetas a la plataforma de carga de la máquina.

- Es recomendable que el ensayo Abrasión en Húmedo sea ejecutado por una misma persona, debido que los desgastes producidos dependen de la forma de colocación de la muestra en el equipo, pues se deben regular manualmente.
- Normalmente el diseño de la mezcla es desarrollado por el productor de la emulsión, quien indica cantidades de agua y aditivo con los que logra una consistencia y trabajabilidad adecuada en laboratorio, además de cantidades de emulsión, polímero, agregados y finos minerales, sin embargo, pueden ser requeridos ajustes a la dosificación durante la construcción, el ingeniero de campo es el responsable de aprobar dichos ajustes. Por lo tanto, es conveniente, con el diseño de cada mezcla, establecer un rango adecuado de contenido asfáltico mediante varias pruebas que reflejen diferentes contenidos de humedad y temperaturas según las condiciones que se esperan en campo. Esto beneficia el criterio del ingeniero al momento de dar la aprobación a la dosificación final.
- En caso de tratarse de un pavimento existente, el ingeniero de campo debe verificar las condiciones del mismo. Por ejemplo, puede requerirse un aumento de la cantidad de emulsión en casos de tratarse de un pavimento envejecido o si el pavimento presenta deterioro generalizado de origen estructural lo adecuado será aplicar una acción de rehabilitación y no una de conservación.
- En Perú, en el año 2013 se incorporan por primera vez especificaciones para los morteros asfálticos y micropavimentos en el Manual de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” EG-2013 (su versión anterior era EG-2000) donde se reconoce la investigación e innovación como necesidad de la ingeniería vial. Por ello, es recomendable continuar las investigaciones sobre el desempeño de morteros asfálticos y micropavimentos y extender las investigaciones al campo aplicativo para un mejor conocimiento de ambas mezclas.

Considerar que la presente investigación se basa en documentos de diseño de la norma ISSA (International Slurry Surfacing Association), trabajos de laboratorio, revisión de especificaciones extranjeras, discusiones con la industria y experiencias nacionales y extranjeras. Las normas ISSA actualmente son aplicadas en países desarrollados tecnológicamente en materia vial y por diversas empresas nacionales, ante esto y ante la reciente inclusión de especificaciones en el manual EG 2013, es importante evaluar los resultados obtenidos en las diversas zonas del país a fin de contar con especificaciones acordes a la realidad de cada zona.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ASPHALT INSTITUTE, ASPHALT EMULSION MANUFACTURERS ASSOCIATION, "Manual básico de emulsiones asfálticas" – Manual Series No. 19, 2001.
- CHANG ALBITRES, CARLOS; "EVALUACIÓN, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, GESTIÓN-PAVIMENTOS UN ENFOQUE AL FUTURO", Instituto de la Construcción y Gerencia, 2005.
- ISSA, "Recommended Performance Guideline for Emulsified Asphalt Slurry Seal" – ISSA A 105, 2005.
- ISSA, "Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing" – ISSA A 143, 2005.
- LÓPEZ CHEGNE, VICTOR; "ASFALTOS EMULSIONADOS PARA CONSTRUCCIÓN, MANTENIMIENTO VIAL Y SOLUCIONES PARA CARRETERAS AFIRMADAS", II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Pavimentos, 2006.
- MONTEAGUDO SUCNO, WILLIAM; "MEZCLAS DE SLURRY SEAL MODIFICADO-UNA TÉCNICA EFICAZ DE REHABILITACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES", XIV Congreso Ibero Latinoamericano del asfalto, 2007.
- PROINVERSIÓN, "Contrato de Concesión de las Obras y el Mantenimiento de los Tramos Viales del Eje Multimodal del Amazonas Norte del Plan de Acción para la Integración de Infraestructura Regional Sudamericana.IIRSA", 2005.
- RIVERA, GUSTAVO; "MORTERO ASFÁLTICO, SLURRY SEAL", Editorial Alfaomega, 1997.

- RODRIGUEZ ORTIZ, JM; "LAS ARCILLAS EXPANSIVAS. SU ESTUDIO Y TRATAMIENTO", Boletín de Información del Laboratorio de Transporte y Mecánica de Suelos, 1975.

- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID-FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT; "FIRMES Y PAVIMENTOS-LECHADAS Y MICROAGLOMERADOS ASFÁLTICOS", XV Curso Internacional de Carreteras, 2000.

- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION; "SURFACE REHABILITATION TECHNIQUES-STATE OF THE PRACTICE DESIGN, CONSTRUCTION, AND PERFORMANCE OF MICROSURFACING", 1994.

ANEXO A – CALIDAD DE AGREGADOS

RELACION DE ENSAYOS:

1. ENSAYO DE ABRASIÓN AGREGADO NARANJILLO, YURACYACU Y VILCANIZA NATURAL.
2. GRANULOMETRÍA AGREGADO NARANJILLO, YURACYACU Y VILCANIZA NATURAL.
3. EQUIVALENTE ARENA AGREGADO NARANJILLO Y VILCANIZA MATERIAL.
4. DURABILIDAD AGREGADO NARANJILLO Y VILCANIZA NATURAL.
5. ENSAYO VALOR DE AZUL DE METILENO AGREGADO NARANJILLO Y VILCANIZA NATURAL.
6. GRANULOMETRÍA DE AGREGADO NARANJILLO TRITURADO.
7. ABRASIÓN DE AGREGADO NARANJILLO TRITURADO.
8. EQUIVALENTE ARENA DE AGREGADO NARANJILLO TRITURADO.
9. DURABILIDAD DE AGREGADO NARANJILLO TRITURADO.
10. VALOR DE AZUL DE METILENO AGREGADO NARANJILLO TRITURADO.
11. GRANULOMETRÍA DE AGREGADO VILCANIZA TRITURADO.
12. EQUIVALENTE ARENA AGREGADO VILCANIZA TRITURADO.
13. DURABILIDAD AGREGADO VILCANIZA TRITURADO.
14. ABRASIÓN AGREGADO VILCANIZA TRITURADO.
15. VALOR DE AZUL DE METILENO AGREGADO VILCANIZA TRITURADO.



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

000 3

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
INFORME DE ENSAYO Nº 053-2010-MTC/14.01

SOLICITANTE : CONCAR S.A. MUESTRA : Agregados
DOMICILIO LEGAL : Av. Paseo De La República Nº 4676 - Surquillo IDENTIFICACIÓN : El que se indica
PROYECTO : Carretera IIRSA Norte (Amazonas - San Martin) CANTIDAD : 94,0 a 97,0 kg
REFERENCIA : REC Nº 034-2010-FPL-501-G PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN : 01.02.2010 FECHA DE ENSAYO : 05.02.2010

NTP 400.019 (2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (*)

Table with 3 columns: IDENTIFICACIÓN, ENSAYO, and RESULTADO (%). It lists test results for three types of aggregate: Cantera Naranjillo (24%), Cantera Yuracyacu (64%), and Cantera Vilcaniza (23%).

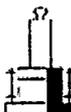
Observaciones:

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- A petición del solicitante se realizan los ensayos de abrasión en su presencia.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 01.02.2010
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución Nº 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. PEDRO TAME CRISÓSTOMO
Lima, 08 de Febrero del 2010

USA (3/3)
ptc/mp
O.S. Nº 052



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru Nº 150 - Rímac.

Tel. : 481-3707

Fax: 481-0677



**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
INFORME DE ENSAYO N° 053-2010-MTC/14.01**

SOLICITANTE	:	CONCAR S.A.	MUESTRA	:	Ágregados
DOMICILIO LEGAL	:	Av. Paseo De La República N° 4676 - Surquillo	IDENTIFICACIÓN	:	Fl. como indica
PROYECTO	:	Carretera IIRSA Norz (Amazonas - San Martín)	CANTIDAD	:	94,6 a 97,0 kg
REFERENCIA	:	REC N° 034-2010 FPL-5C1-G	PRESENTACIÓN	:	Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	:	01.02.2010	FECHA ENSAYO	:	05 a 28.02.2010

MALLAS		DENOMINACIÓN	Cantera Naranjillo, procedencia: Tarapoto		Cantera Yuracyacu, procedencia: Yurimaguas		Cantera Vilcanizo, procedencia: Pedro Ruiz Gallo			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)	PASA (%)		
3"	76,200	NTP 400.C:2(01)								
2 1/2"	63,500									
2"	50,800									
1 1/2"	38,100									
1"	25,400									
3/4"	19,050									
1/2"	12,700									
3/8"	9,525			100		100		100		
1/4"	6,350			24	76	4	96	7	93	
N° 4	4,760			2	74	7	89	2	91	
N° 6	3,360			12	52	5	84	4	87	
N° 8	2,380			9	53	5	79	5	82	
N° 10	2,000			3	50	3	76	2	80	
N° 16	1,190			9	41	12	84	10	70	
N° 20	0,840			6	38	10	54	9	61	
N° 30	0,590			6	30	11	43	12	49	
N° 40	0,426			6	24	13	30	16	33	
N° 50	0,297			7	17	12	18	14	19	
N° 60	0,177			5	12	10	8	11	8	
N° 100	0,149			1	11	2	6	2	6	
N° 200	0,074		3	8	2	4	2	4		
- N° 200	-	NTP 400.010(C2)	6	-	4	-	4	-		
ABRASIÓN (%)		NTP 400.019(C2)	24		64		23			

Observaciones:

- Muestras preparadas e identificadas por el solicitante.
- Ensayos de granulometría ejecutados con material pasante el tamiz N° 3/8", de acuerdo a Indicaciones del solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 01.02.2010
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 002-93/INDECOPI-CR7 del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



[Signature]
ING. PEDRO YAMICRISÓSTOMO
Lima, 03 de Febrero de 2010





**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
INFORME DE ENSAYO N° 076-2010-MTC/14.01**

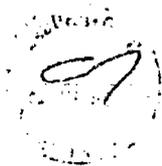
SOLICITANTE	: CONCAR S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Paseo De La República N° 4675 - Surquillo	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: Carretera Interoceánica Norte - IIRSA Norte.	CANTIDAD	: 94.0 a 97,0 kg
REFERENCIA	: REC N° 050-2010-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 16.02.2010	FECHA DE ENSAYO	: 17.02.2010

NTP 339.146 (2 000) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO (*)

DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Cantera Naranjillo procedencia: Tarapoto	50
Cantera Vilcaniza procedencia: Pedro Ruiz	64

Observaciones:

- Ensayos ejecutados con las contramuestras de la O.S. N° 052-2010, de acuerdo a indicaciones del solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 16.02.2010
- (*) 2000-06-21 (1ª Edición). Referencia a SOILS. Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate (ASTM D 2419 -91)
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI- CRT del 07.04.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario



ING. PEDRO TAME CRISÓSTOMO
Lima, 26 de Febrero del 2010

USA (1/3)
ptc/rmp/gmg
O.S. N° 075





PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

00012

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 076-2010-MTC/14.01

SOLICITANTE	: CONCAR S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Paseo De La República N° 4675 - Surquillo	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: Carretera Interoceánica Norte - IIRSA Norte.	CANTIDAD	: 94,0 a 97,0 kg
REFERENCIA	: REC N° 050-2010-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 16.02.2010	FECHA DE ENSAYO	: 18 al 26.02.010

NTP 400.016(1999) AGREGADOS. DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE AGREGADOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (*)

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Cantera Naranjillo procedencia: Tarapoto	Pérdida o desgaste del agregado fino	4,77
	Pérdida o desgaste del agregado grueso	4,93
Cantera Vilcaniza procedencia: Pedro Ruiz	Pérdida o desgaste del agregado fino	8,96
	Pérdida o desgaste del agregado grueso	9,55

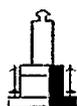
Observaciones:

- Ensayos ejecutados con las contramuestras de la O.S. N° 052-2010, de acuerdo a indicaciones del solicitante.
- Ensayo ejecutado con Sulfato de Magnesio proporcionado por el solicitante
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 16.02.2010
- (*) 1999- 04-21 (2ª Edición). Referencia a "Aggregate. Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate" (ASTM C-88; 1990)
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECCPI - CRT del 07.01.96).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. PEDRO TAME CRISÓSTOMO
Lima, 26 de Febrero del 2010

USA (2/3)
ptc./mpg/dco
O.S. N° 075



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Tel. : 481-3707 Fax : 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 076 - 2010 - MTC/14.01

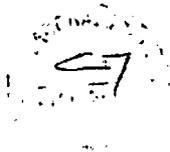
SOLICITANTE	: CONCAR S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Paseo de la República N° 4675 - Surquillo	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Carretera Interoceánica Norte - Iirsa Norte (Tarapoto - Pedro Ruiz)	CANTIDAD	: 68 y 84 kg c/u
REFERENCIA	: REC N° 050-2010-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: (02) sacos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 18.02.2010	FECHA DE ENSAYO	: 18.02.2010

AASHTO TP-57 (2004)* VALOR DE AZUL DE METILENO PARA ARCILLAS, RELLENOS MINERALES Y FINOS

Identificación	Resultado (mg/g)
Cantera Naranjillo, procedencia: Tarapoto	6,8
Cantera Vilcaniza, procedencia: Pedro Ruiz	17,5

Observaciones:

- (*) Referencia: Methylene Blue Value of Clays, Mineral Fillers and Fines
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, ensayos ejecutados con muestras remanentes de la O.S. 052-2010
- Fecha de orden de ensayo 16.02.2010
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECCPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



[Handwritten signature]

QUIM. ALINA MAGUIÑA ASTETE
Lima, 19 de Febrero del 2010

UAQ (1/1)
ama
O.S. N° 075



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel.: 481-3707

Fax: 481-0677

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 148 - 2010-MTC/14.01

SOLICITANTE :	CONCAR S.A.	MUESTRA :	Agregados
DOMICILIO LEGAL :	Av. Paseo de la República N° 4675 - Surculla	IDENTIFICACIÓN :	El que se indica
PROYECTO :	IIRSA Norte	CANTIDAD :	125,0 kg
REFERENCIA :	REG N° C84 2010-FPL-501-G	PRESENTACIÓN :	Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN :	24.03.2010	FECHA ENSAYO :	25.03 al 06.04.10.

MALLAS		DENOMINACIÓN	Agregado biturado presento 3/8", procedencia Tarepoto - Aguas Claras. km 431						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET. (%)	PASA (%)					
3"	76.200	NTP 400.012 (01)							
2 1/2"	63.500								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400								
3/4"	19.050								
1/2"	12.700								
3/8"	9.525				100				
1/4"	6.350			6	94				
N° 4	4.750			6	88				
N° 6	3.360			13	75				
N° 8	2.380			12	63				
N° 10	2.000			4	59				
N° 15	1.180			13	46				
N° 20	0.840			6	40				
N° 30	0.590			7	33				
N° 40	0.426			5	28				
N° 50	0.297			5	23				
N° 60	0.177			0	17				
N° 100	0.149			2	15				
N° 200	0.074		4	11					
N° 200	-	NTP 400.018 (02)	11	-					
EQUIVALENTE DE ARENA (%)		NTP 359.148 (00)	73						
DURABILIDAD AGRG. FINO (%)		NTP 400.016 (06)	2.52						
ABRASIÓN (%)		NTP 400.019 (02)	12						

Observaciones:

- Ensayos ejecutados con la contramuestra de la O. S. N° 138, en custodia en Laboratorio de la U.E.E.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 24.03.2010
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0032-98/INDECOPI-CRI del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la responsabilidad del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



[Signature]
ING. PEDRO TAME CRISÓSTOMO
 Lima, 05 de Abril del 2010

IIRSA (1/5)
 pto/mp/vlv
 O.S. N° 144



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Tel.: 481-3707 Fax: 481-0677



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

00005

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 1 4 8 - 2010-MTC/14.01

SOLICITANTE	: CONCAR S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Paseo de la República N° 4675 -Surquillo	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: IIRSA Norte	CANTIDAD	: 125,0 kg
REFERENCIA	: REC N° 084-2010-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 24.03.2010	FECHA DE ENSAYO	: 31.03.10.

NTP 400.019 (2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (%)
Agregado triturado pasante 3/8", procedencia: Tarapoto - Aguas Claras, km 431	Tamaño Máximo Nominal: 1/4"	12
	Gradación: "C"	
	Número de Esferas: 8	

Observaciones:

- Ensayos ejecutados con la contramuestra de la O. S. N° 138, en custodia en Laboratorio de la D.E.E.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 24.03.2010
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



[Signature]
 ING. PEDRO TAME CRISÓSTOMO
 Lima, 06 de Abril del 2010

USA (5/5)
pftc/lvv
O.S. N° 141



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

00002

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO Nº 1 4 8 - 2010-MTC/14.01

SOLICITANTE	: CONCAR S.A.	MUESTRA	: Agregado fino
DOMICILIO LEGAL	: Av. Paseo de la República N° 4675 -Surquillo	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: IIRSA Norte	CANTIDAD	: 125,0 kg
REFERENCIA	: REC Nº 084-2010-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 24.03.2010	FECHA DE ENSAYO	: 29.03.10.

NTP 339.146 (2 000) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO (*)

DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Agregado triturado pasante 3/8", procedencia: Tarapoto - Aguas Claras, km 431	73

Observaciones:

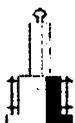
- Ensayos ejecutados con la contramuestra de la O. S. N° 138, en custodia en Laboratorio de la D.E.E.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 24.03.2010
- (*) 2000-06-21 (1ª Edición). Referencia a SOILS. Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate (ASTM D 2419 -91)
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI- CRT del 07.04.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del laboratorio.



[Signature]

ING. PEDRO TAME CRISÓSTOMO
Lima, 06 de Abril del 2010

USA (2/5)
pfcrcmp/lv
O.S. N° 141



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

00003

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 1 4 8 - 2010-MTC/14.01

SOLICITANTE	: CONCAR S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Paseo de la República N° 4675 -Surquillo	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: IIRSA Norte	CANTIDAD	: 125,0 kg
REFERENCIA	: REC N° 084-2010-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 24.03.2010	FECHA DE ENSAYO	: 25.03 al 06.04.10.

NTP 400.016 (1999) AGREGADOS. DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (*).

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Agregado triturado pasante 3/8", procedencia: Tarapoto - Aguas Claras. km 431	Pérdida o desgaste del agregado fino	2,62

Observaciones:

- Ensayos ejecutados con la contramuestra de la O. S. N° 138, en custodia en Laboratorio de la D.E.E.
- Ensayo ejecutado con Sulfato de Magnesio proporcionado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 24.03.2010
- (*) 1999-04-21 (2ª Edición). Referencia a "Aggregate. Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate" (ASTM C-88; 1990)
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-08/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del



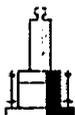
ING. PEDRO TAME CRISÓSTOMO

Lima, 08 de Abril del 2010

USA (3/5)

plc/rmp

O.S. N° 141



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Tel.: 481-3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 1 4 8 - 2010 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: CONCAR S.A.	MUESTRA	: Agregado
DOMICILIO LEGAL	: Av. Paseo de la República N° 4675 - Surquillo	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Irsa Norte (Tarapoto - Aguas Claras)	CANTIDAD	: 125 kg
REFERENCIA	: REC N° 084-2010-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Saco
FECHA DE RECEPCIÓN	: 24.03.2010	FECHA DE ENSAYO	: 30.03.2010

AASHTO TP-57 (2004)* VALOR DE AZUL DE METILENO PARA ARCILLAS, RELLENOS MINERALES Y FINOS

Identificación	Resultado (mg/g)
Agregado triturado, pasante de la malla 3/6"; Cantera Tarapoto	6,5

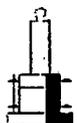
Observaciones:

- (*) Referencia: Methylene Blue Value of Clays, Mineral Fillers and Fines
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, proveniente de contramuestra de O.S. 138-2010-MTC/14.01
- Fecha de orden de ensayo 24.03.2010
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



QUIM. ALINA MAGUÑA ASTETE
Lima, 31 de Marzo del 2010

UAQ (1/1)
ama
O.S.N° 141



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
 INFORME DE ENSAYO N° 166-2010-MTC/14.01

SOLICITANTE : CONCAR S.A. MUESTRA : Agregado
 DOMICILIO LEGAL : Av Paseo De La República N° 4575 - Surquillo IDENTIFICACIÓN : El que se indica
 PROYECTO : I RISA Norte CANTIDAD : 243 kg
 REFERENCIA : RFC N° 099 2010 FPI 501 G PRESENTACIÓN : Bolsas plásticas
 FECHA DE RECEPCIÓN : 06.04.2010 FECHA ENSAYO : 06 al 09.04.2010

MALLAS	DENOMINACIÓN	Agregado fino Procedencia: Rio Vicosino	NORMAS ENSAYO		RET. (%)		PASA (%)		
			RET. (%)	PASA (%)	RET. (%)	PASA (%)			
SEFRIF AMERICANA	ABERTURA (mm)								
3"	76,200								
2 1/2"	63,500								
2"	50,800								
1 1/2"	38,100								
1"	25,400								
3/4"	19,050								
1/2"	12,700								
3/8"	9,525								
1/4"	6,350								
N° 4	4,763	NTP 400.012 (C1)				100			
N° 6	3,363		12	98					
N° 8	2,363		16	70					
N° 10	2,000		6	54					
N° 16	1,193		20	44					
N° 20	0,843		8	36					
N° 30	0,593		7	29					
N° 40	0,426		6	23					
N° 50	0,297		5	16					
N° 60	0,250		5	13					
N° 80	0,149		1	12					
N° 100	0,074		3	9					
N° 200			NTP 400 018 (C2)	9					
EQUIVALENTE DE ARENA (%)			NTP 339 145 (C3)	66					

Observaciones:

- Muestra de agregado fino, proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 06.04.2010
- Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/ NDEGOP -CRT de 07.01.98)
- Este documento no autoriza o amplía de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. PEDRO TAME CRISÓSTOMO
 Lma, 09 de Abril de 2010

USA (1/2)
 pfc/imp/1/v/dco
 O S N° 164



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Tel. : 481-3707

Fax : 481-0677



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

00012

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO Nº 166-2010-MTC/14.01

SOLICITANTE	: CONCAR S.A.	MUESTRA	: Agregado
DOMICILIO LEGAL	: Av Paseo De La República Nº 4675 - Surquillo	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: IIRSA Norte	CANTIDAD	: 243 kg
REFERENCIA	: REC Nº 098-2010-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Baldes plásticos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 06.04.2010	FECHA DE ENSAYO	: 09.04.2010

NTP 339.146 (2 000) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO (*)

DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Agregado fino, procedencia: Rfo Vilcaniza	65

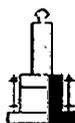
Observaciones:

- Muestra de agregado fino, proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 06.04.2010
- (*) 2000-05-21 (1ª Edición). Referencia a SCILS. Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate (ASTM D 2419 -91)
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución Nº 0002-98/INDECOPI- CRT del 07.04.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario



[Signature]
 ING. PEDRO TAME CRISÓSTOMO
 Lima, 09 de Abril del 2010

USA (2/3)
 pñc/rmp/dco
 O.S. Nº 164



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru Nº150 - Rimac.

Tel.: 481-3707 Fax: 481-0677



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

00001

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO Nº 175 - 2010-MTC/14.01

SOLICITANTE	: CONCAR S.A.	MUESTRA	: Agregado
DOMICILIO LEGAL	: Av. Paseo de la República N° 4675 - Surquillo	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: IIRSA NORTE	CANTIDAD	: 243 kg
REFERENCIA	: REC N° 105-2010-FPL 501-G	PRESENTACIÓN	: Saco de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 12.04.2010	FECHA DE ENSAYO	: 13 al 21.04.10

NTP 400.016 (1 999) AGREGADOS. DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (*).

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Agregado fino, procedencia: Cantera Río Vilcaniza	Pérdida o desgaste del agregado fino	2,28

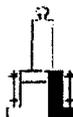
Observaciones:

- Ensayo efectuado con la contramuestra de la O.S. N° 164.
- Ensayo ejecutado con Sulfato de Magnesio proporcionado por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 12.04.2010
- (*) 1999-04-21 (2ª Edición). Referencia a "Aggregate. Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate" (ASTM C-88; 1990)
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. PEDRO TAME CRISÓSTOMO
Lima, 21 de Abril del 2010

USA (1/2)
pftc/lvv
O.S. N° 174



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Tel: 401-3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 1 7 5 - 2010-MTC/14.01

SOLICITANTE	: CONCAR S.A.	MUESTRA	: Agregado
DOMICILIO LEGAL	: Av. Paseo de la República N° 4675 - Surquillo	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: IIRSA NORTE	CANTIDAD	: 243 kg
REFERENCIA	: REC N° 105-2010-FIPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Saco de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 12.04.2010	FECHA DE ENSAYO	: 14.04.10

NTP 400.019 (2 002) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (%)
Agregado fino, procedencia: Cantera Río Vilcaniza	Tamaño Máximo Nominal: N° 6	20
	Gradación: "D"	
	Número de Esferas: 6	

Observaciones:

- Ensayo efectuado con la contramuestra de la O.S. N° 164.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 12.04.2010
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

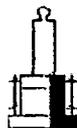


P. Tame
 ING. PEDRO TAME CRISÓSTOMO
 Lima, 21 de Abril del 2010

USA (2/2)

ptc/fvv

O.S. N° 174



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Telf.: 481 3707 Fax: 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO Nº 175 - 2010 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: CONCAR S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Paseo de la República Nº 4676 - Surquillo	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Iirsa Norte (Carretera Interoceánica Norte)	CANTIDAD	: 243 kg
REFERENCIA	: REC Nº 105-2010-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Baldos plásticos
FECHA DE RECEPCIÓN	: 12.04.2010	FECHA DE ENSAYO	: 15.04.2010

AASHTO TP-57 (2004)* VALOR DE AZUL DE METILENO PARA ARCILLAS, RELLENOS MINERALES Y FINOS

Identificación	Resultado (mg/g)
Agregado fino, procedencia: Río Vilcaniza	6,3

Observaciones:

- (*) Referencia. Methylene Blue Value of Clays, Mineral Fillers and Fines
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante, proveniente de contramuestra de O.S. 164-2010-MTC/14.01
- Fecha de orden de ensayo 12.04.2010
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución Nº 0002-96/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario



[Handwritten signature]

QUIM. ALINA MAGUIÑA ASTETE
Lima, 15 de Abril del 2010

UAQ (1/1)
ama
O.S. Nº 174



ANEXO B- MORTERO ASFÁLTICO CANTERA NARANJILLO

**INFORME DE ENSAYO**

Proyecto : Tratamiento Superficial con Slurry Seal Tipo II
 Ubicación : IIRSA NORTE
 Solicitante : CONCAR S.A.
 Referencia : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra : CANTERA NARANJILLO Km 431+000
 Referencia : Formular Slurry Seal tipo II.
 Observaciones : Agregado muestreado por los interesados.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PASA %	ESPECIFICACIÓN SLURRY SEAL TIPO I
#8	3.525	100.0	100.0
#4	4.750	37.8	90 - 100
#3	2.360	63.0	35 - 90
#15	1.180	45.9	45 - 73
#30	0.590	32.9	30 - 51
#50	0.297	23.3	18 - 30
#100	0.149	15.2	10 - 21
#200	0.075	11.1	5 - 15
<# 200	(ASTM C-117)	0.0	

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍNIMO 45%	73.0 %
AZUL DE METILENO (ISSA TB 145)	-----	6.5 mg/gr

II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión : Emulsión Cationica de Rotura Lenta Emultec con polímero CSS-1hp.
 Referencia : MINIPLANTA - CSS-1hp

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 244	%	61.6	Mínimo 60%
Penetración (25 °C. 100g. 5 seg)	ASTM D 5	dmm	57	50 - 90 dmm
Punto de ablandamiento	ASTM D 36	°C	56	55 °C
Recuperación Elástica por Torsión	NLT 329	%	18	12%



III. ANALISIS DE AGUA

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	(6 - 8)	MAXIMO 380 ppm	7.56	234 ppm

IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 9.5 %
 Emulsión asfáltica teórica calculada :15.4%

V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

- Rueda cargada (ISSA TB 109)
- Abrasión en humedo (ISSA TB 100)

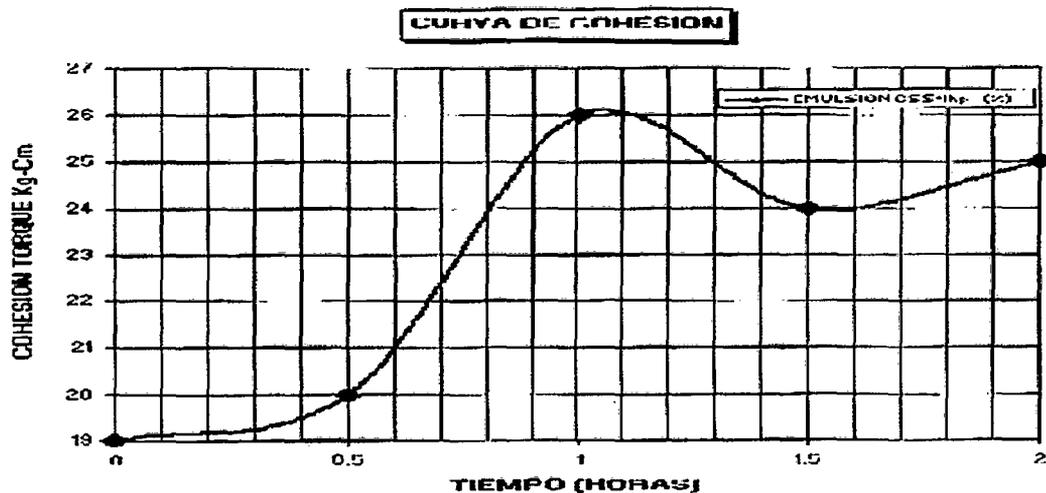
Emulsion teorica (%)	Agua (%)	Filler (%)
15.4	9.0	0.5

- Humedad natural del agregado 0.5%
- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler : Cemento Portland.
- Tiempo de mezclado >180segundos.
- Porcentajes en peso del agregado.

VI. COHESION

TEMPERATURA LABORATORIO	% EMULSIÓN	% FILLER	% AGUA	TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos)	COHESIÓN (kg-cm)	
					30 min	60 min
22°C-25°C aprox	13.0	0.5	10.5	>180	20	26

Tiempo de rotura bajo condiciones de laboratorio :1.0 hora





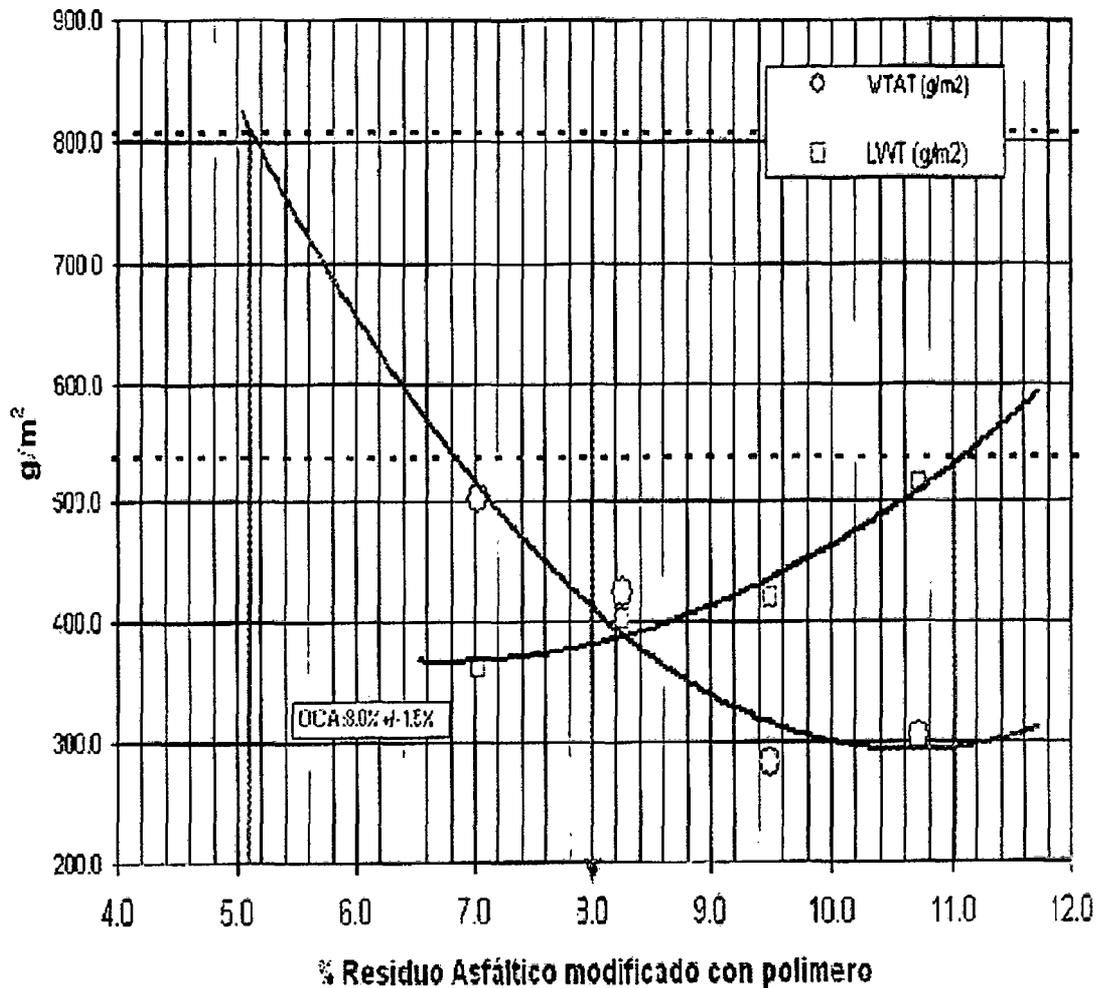
VII. Especificaciones

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 180 seg.
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 807 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²

VIII. Resultados

Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
11.4	503.7	363.1
13.4	423.3	403.1
15.4	283.3	420.7
17.4	304.3	515.6

Contenido Óptimo de Asfalto





IX. Conclusiones

Diseño de Slurry Seal tipo II

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CSS-1hp : 13.0%
(Rango de tasa de aplicación: 10.6% a 15.4% aplicación)
- Cantidad de agua : 10.5%
(Agua añadida + Humedad natural del agregado)
- Cantidad de filler (Cemento Portland) : 0.5%

Nota. Las condiciones de diseño y evaluación de material fueron realizadas en condiciones de laboratorio. Se debe tomar en cuenta, que durante la aplicación en campo se puede requerir algunos ajustes al diseño.


Miguel Alfaro
Tec. Laboratorio


ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO
TDM Asfaltos SAC
Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 23 de Abril de 2010



TDM Asfaltos

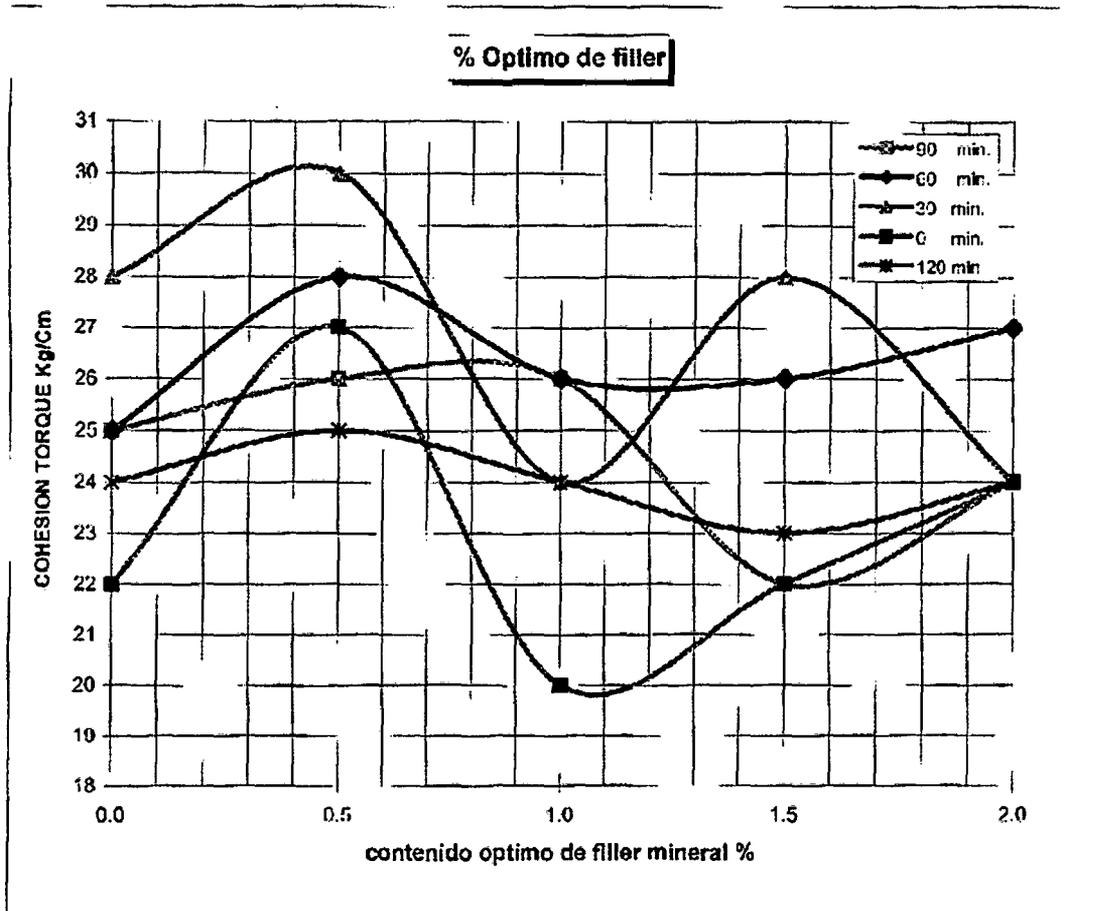
CONTENIDO OPTIMO DE FILLER

SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

CANTERA : NARANJILLO (Km 431)

AGUA : Potable

C.P. (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.	120 min.
0.0	1- hora	22	28	25	25	24
0.5	1- hora	27	30	28	26	25
1.0	1- hora	20	24	26	26	24
1.5	1- hora	22	28	26	22	23
2.0	1- hora	24	24	27	24	24



Miguel Alfaro H.
 Tec. Laboratorio

ING. WENDY HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO
 TDM ASFALTOS SAC
 Ing. Wendy Herencia
 Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 23 de Abril de 2010



TDM Asfaltos

CONTROL DE DISEÑO

SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

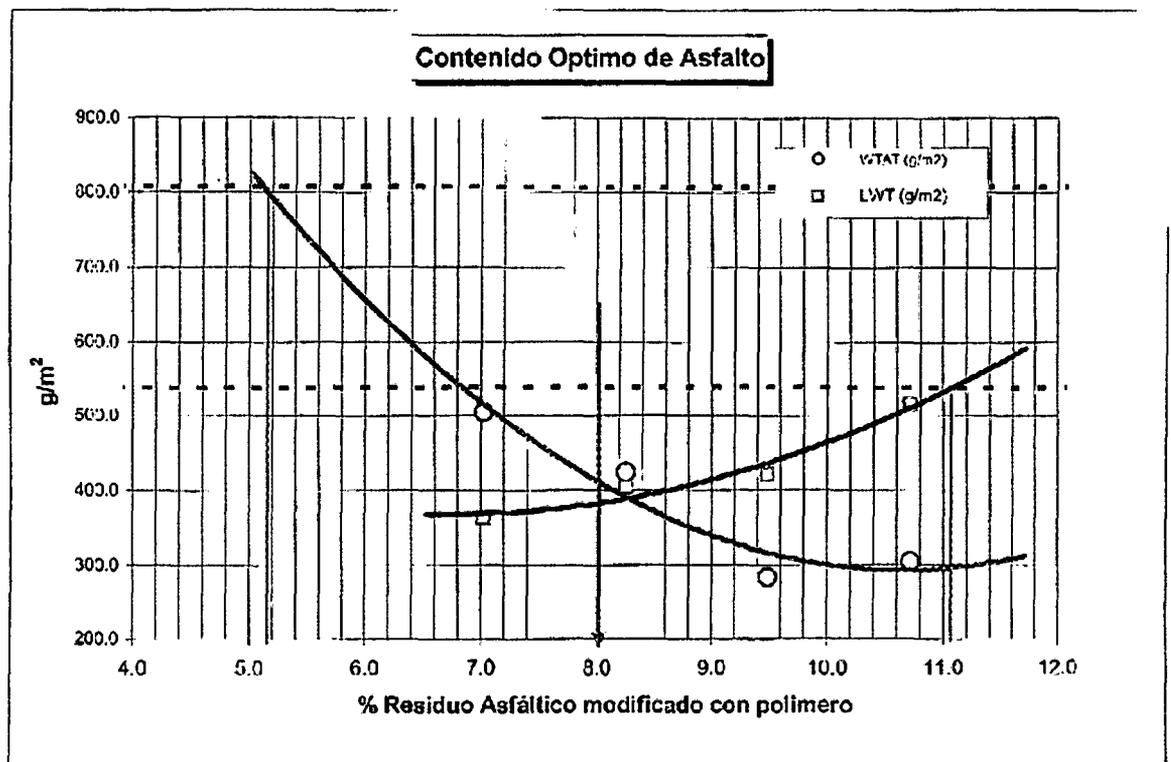
CANTERA : NARANJILLO (Km 431)

Asfalto (%)	Emulsión CSS1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
7.0	11.4	11.5	0.5	503.7	363.1
8.3	13.4	10.5	0.5	423.3	403.1
9.5	15.4	9.5	0.5	283.3	420.7
10.7	17.4	8.5	0.5	304.3	515.6

S.E : 16.1
 ASF.T : 9.5 %
 EMUL.T : 15.4 %

0.5% - HUMEDAD NATURAL
 (valor incluido en el % de Agua)

Res.Asf. % 61.6 **CSS-1hp**



RES. ASF. (%)	EMUL ASF (%)
6.5	10.6
8.0	13.0
9.5	15.4

Miguel Alfaro H.
 Miguel Alfaro H.
 Tec. Laboratorio

Wendy Herencia
 ING. WENDY HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
 TDM ASPALTOSSAC
 Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 23 de Abril de 2010



TDM Asfaltos

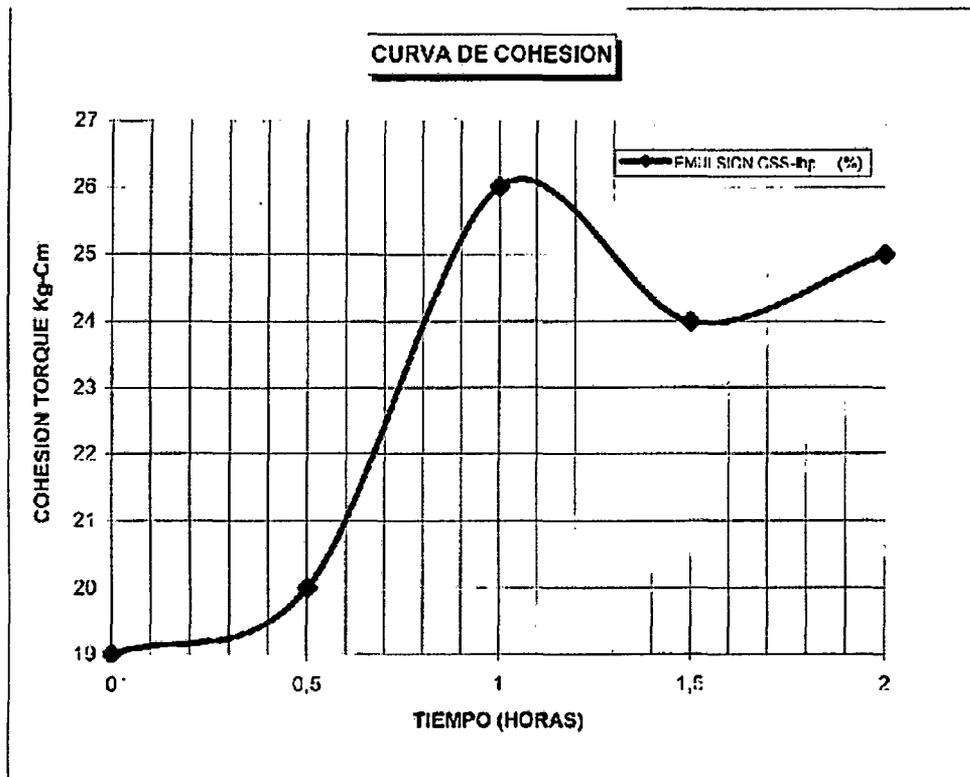
COHESION

SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

CANTERA : NARANJILLO Km 431

AGUA : Potable

EMULSION CSS-lhp (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	0	0,5	1,0	1,5	2,0	TIEMPO (HRS)
13,0	1.0- HRS	19	20	26	24	25	TORSION



Miguel Alfaro H.
Miguel Alfaro H.
Tec. Laboratorio

Wendy Herencia
ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO
TDM ASFALTOS SAC
Ing. Wendy Herencia
Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 23 de Abril de 2010



TDM Asfaltos

EMULTEC CSS-1hp

EMULSIÓN CATIONICA DE RUPTURA LENTA CON POLIMERO SBR

INFORME DE ENSAYO N° 008-2010-tdmasfaltos-labint

GUIA TDM ASFALTOS :

CLIENTE:

CONCAR

REFERENCIAS

TANQUE:

MINIPLANTA

CINTILLO DE SEGURIDAD N°:

LOTE DE PRODUCCIÓN:

CANTIDAD:

FECHA DE PRODUCCIÓN:

08/04/2010

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	ASTM D 244-00	ssf	20	100	23
SEDIMENTACIÓN, 7 días. 25 °C	ASTM D 244-00	%	--	5	1
RESIDUO POR EVAPORACIÓN, 163°C, 3 horas	ASTM D 244-00	%	60	--	61.8
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20, 25°C	ASTM D 244-00	%	--	0.1	0
MEZCLA CON CEMENTO	ASTM D 244-00	%	--	2	1
CARGA DE PARTÍCULA	ASTM D 244-00		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 seg.	ASTM D 5	dmm	50	90	57
PUNTO DE ABLANDAMIENTO, °C	ASTM D 36	°C	55	--	56
DUCTILIDAD, 5°C, 5 cm/min	ASTM D 113	cm	≥ 10		15
RECUPERACIÓN ELASTICA TORSIONAL, 25°C	NLT 329 (*)	%	≥ 12		18

OBSERVACIONES: El producto cumple especificaciones NTP 321,141

Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada

PE: 1.00 g/cm³

(*) NORMA TECNICA ESPAÑOLA

C.C.:
Archivo


ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO
TDM ASFALTOS SAC
JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO

Fecha de Emisión : Lima, 23 de Abril del 2010

La información contenida en este documento se basa en ensayos rutinarios, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

ANEXO C – MICROPAVIMENTO CANTERA NARANJILLO

**INFORME DE ENSAYO**

Proyecto : Tratamiento Superficial con Micropavimento Tipo II
 Ubicación : IIRSA NORTE
 Solicitante : CONCAR S.A.
 Referencia : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra : CANTERA NARANJILLO km 431
 Referencia : Formular Micropavimento Tipo II.
 Observaciones : Agregado muestreado por los interesados.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SEÑE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PASA %	ESPECIFICACIÓN SLURRY SEAL TPO II
30"	9,25	100,0	100,
#4	4,76	37,8	90 - 100
#8	2,38	53,0	65 - 90
#16	1,19	45,9	45 - 70
#30	0,59	32,9	30 - 50
#50	0,297	23,3	18 - 30
#100	0,149	15,2	10 - 21
#200	0,074	11,1	5 - 15
<#200	(ASTM C-117)	0,0	

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍNIMO 65%	73.0 %
AZUL DE METILENO (ISSA TB 145)	-----	6.5 mg/gr

II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión : Emulsión Cationica de Rotura Controlada
 Emultec modificada con polimero CQS-1hp.
 Referencia : INFORME DE ENSAYO N° 012-2010 EMULTEC CQS-1hp

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 244	%	62.6	Mínimo 60%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	66	40 - 90 dmm
Punto de ablandamiento	ASTM D 36	°C	57	57 °C



III. ANALISIS DE AGUA

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	(6 - 8)	MAXIMO 380 ppm	7.56	234 ppm

IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 9.5%
Emulsión asfáltica teórica calculada :15.2%

V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

Rueda cargada (ISSA TB 109)
Abrasión en humedo (ISSA TB 100)

Emulsion teorica (%)	Agua (%)	Aditivo (%)	Filler (%)
15.2	6	1.5	0.1

- Humedad natural del agregado 0.5%
- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler : Cemento Portland.
- Tiempo de mezclado >120segundos.
- Porcentajes en peso del agregado.

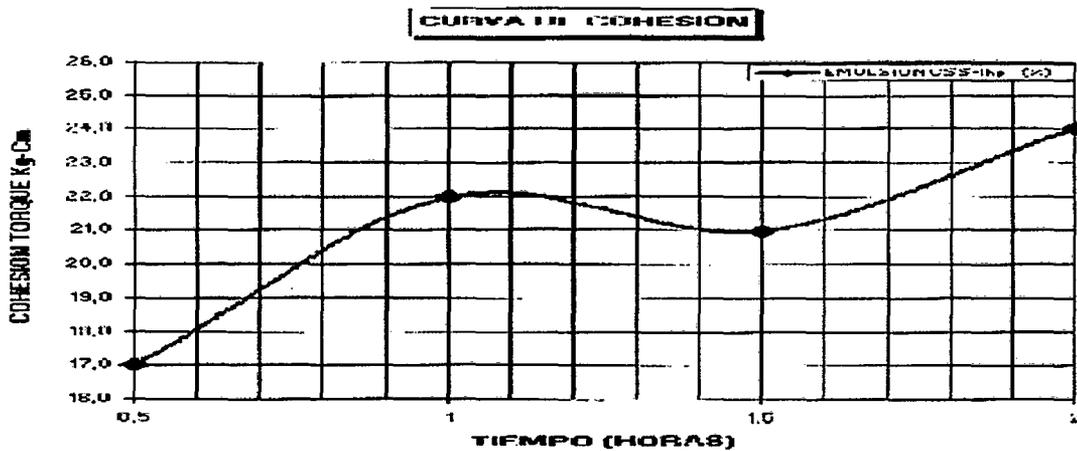
VI. Especificaciones

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 120 seg.
Cohesión húmeda	ISSA TB 139	Mínimo 30 min., 12 kg-cm Mínimo 60 min., 20 kg-cm
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 538 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²



VII. COHESION

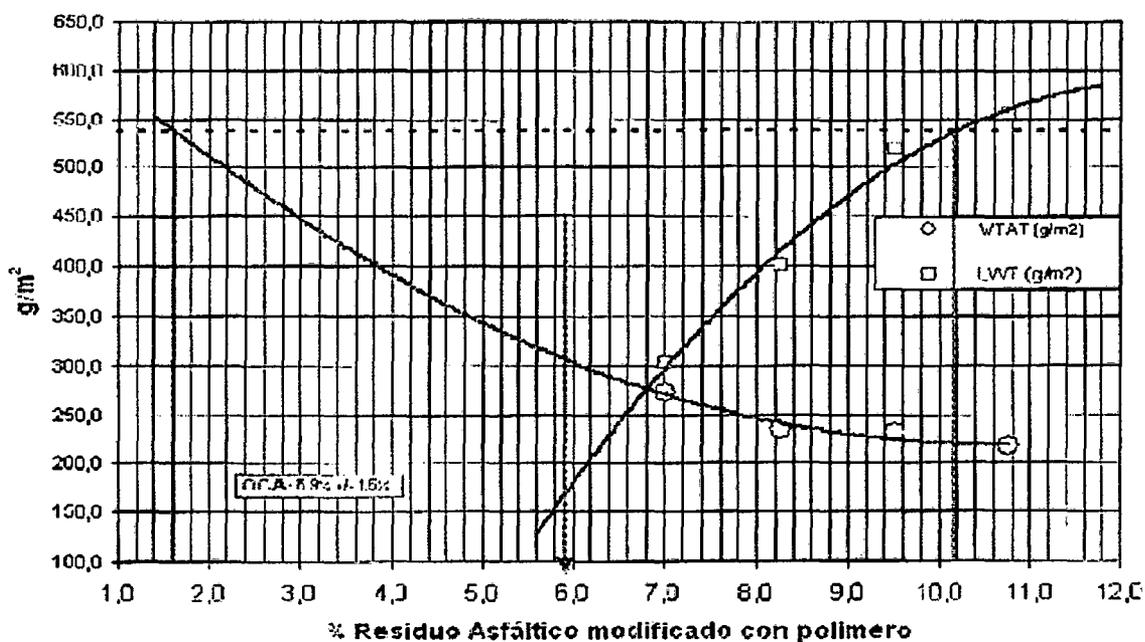
TEMPERATURA LABORATORIO	% EMULSIÓN	% FILLER	% AGUA	TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos)	COHESION (kg-cm)	
					30 min	60 min
22°C-25°C aprox	15.2	0.1	8	>120	17	22



VIII. Resultados

Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
11.2	272.8	302.7
13.2	234.4	401.3
15.2	230.7	518.7
17.2	216.9	555.8

Contenido Optimo de Asfalto



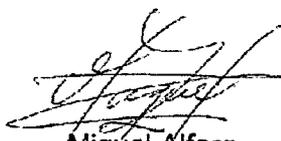


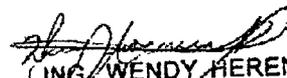
IX. Conclusiones

Diseño de Micropavimento tipo II

- Cantidad óptima de emulsión asfáltica CQS-1hp : 9.4%
(Rango de tasa de aplicación: 7.0 % a 11.8 % aplicación)
- Cantidad de agua : 8.0%
(Agua añadida + Humedad natural del agregado)
- Cantidad de filler (Cemento Portland) : 0.1%

Nota. Las condiciones de diseño y evaluación de material fueron realizadas en condiciones de laboratorio. Se debe tomar en cuenta, que durante la aplicación en campo se puede requerir algunos ajustes al diseño.


Miguel Alfaro
Tec. Laboratorio


ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
TDM ASFALTOS SAC
Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurín 24 de Abril de 2010



TDM Asfaltos

FORMATO DE PRUEBAS

SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

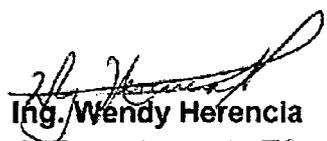
CANTERA : NARANJILLO (Km 431)

# De Prueba	# De emulsión	% Agua	% Aditivo	% Cemento	% Emulsión	Tiempo de Mezcla(seg)	Observación
1	1	9.5	0.0	0.0	15.2	72	
2	1	9.0	0.5	0.0	15.2	360	Falsa Rotura
3	1	9.5	0.5	0.2	15.2	76	
4	1	9.3	0.2	0.0	15.2	168	Falsa Rotura
5	1	8.5	1.0	0.2	15.2	82	
6	1	8.0	1.5	0.1	15.2	150	OK

OBS:

- 1) Tipo de emulsion: CQS-1hp % Residuo: 62.6
- 2) El %Agua está considerando la humedad natural y el aditivo
- 3) Humedad Natural = 0.5 %


Miguel Alfaro H.
Tec. Laboratorio


Ing. Wendy Herencia
Jefe de Departamento Técnico

ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO
TDM ASFALTOS SAC



COHESION

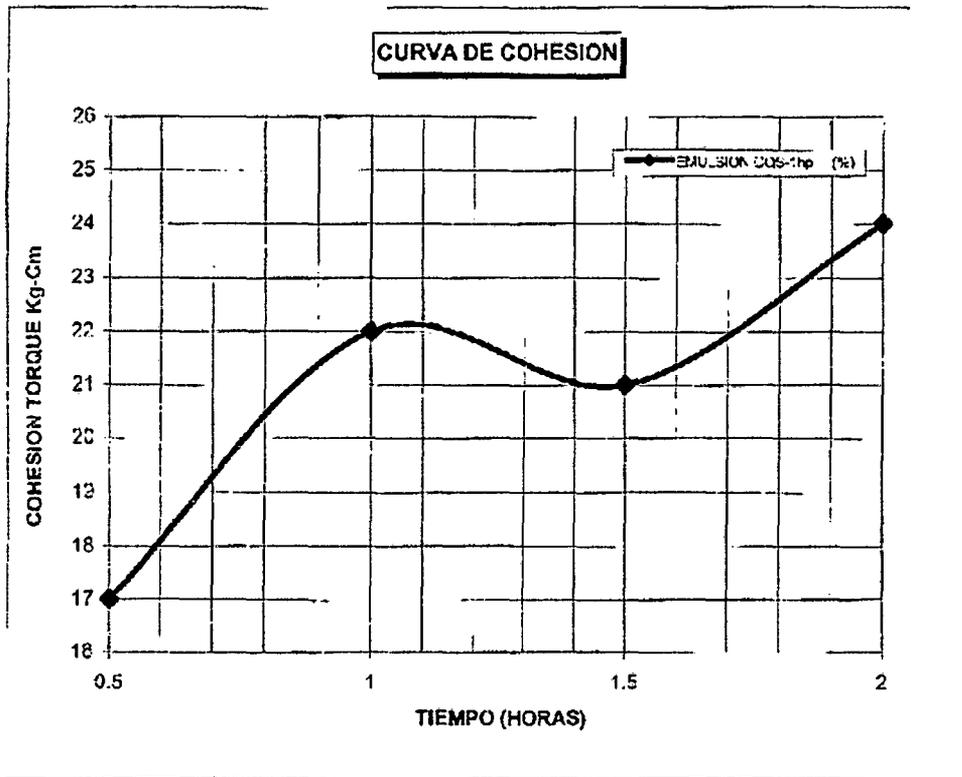
SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

CANTERA : NARANJILLO Km 431

AGUA : Potable

EMULSION CQS-1hp (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	0.5	1.0	1.5	2.0
15.2	0- HRS	17	22	21	24

TIEMPO (HRS)
TORSION



Miguel Alfaro H.
 Miguel Alfaro H.
 Tec. Laboratorio

Wendy Herencia
 ING. WENDY HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO
 TDM ASFALTOS SAC
 Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 24 de Abril de 2010



TDM Asfaltos

CONTROL DE DISEÑO

SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

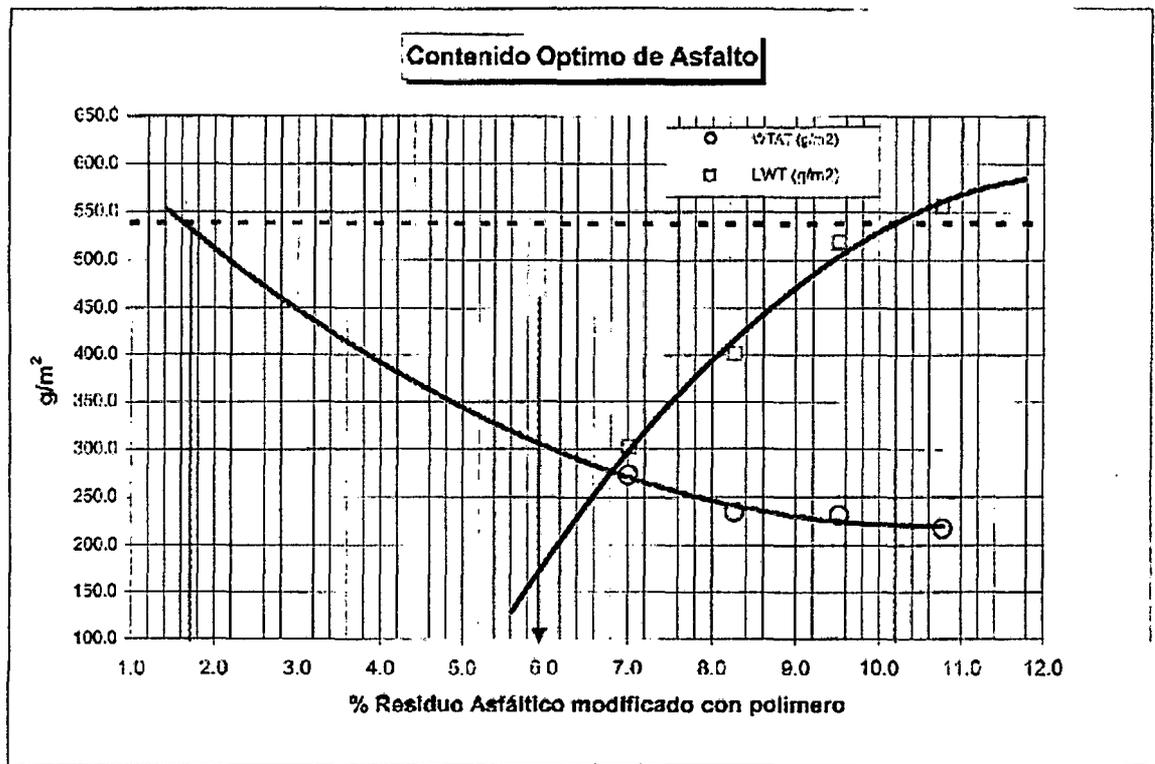
CANTERA : NARANJILLO (Km 431)

Asfalto (%)	Emulsión CQS1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
7.0	11.2	7.5	0.1	272.8	302.7
8.3	13.2	7.0	0.1	234.4	401.3
9.5	15.2	6.5	0.1	230.7	518.7
10.8	17.2	5.5	0.1	216.9	555.8

S.E : 16.1
 ASF.T : 9.5 %
 EMUL.T : 15.2 %

0.5% - HUMEDAD NATURAL
 (valor incluido en el % de Agua)

Res.Asf. % 62.6 CQS-1hp



RES. ASF. (%)	EMUL. ASF (%)
4.4	7.0
5.9	9.4
7.4	11.8

Miguel Alfaro H.
 Miguel Alfaro H.
 Tec. Laboratorio

Wendy Herencia
 ING WENDY HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
 TDM ASFALTOS S.A.C.
 Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 24 de Abril de 2010



TDM Asfaltos

EMULTEC CQS-1hp

EMULSIÓN CATIONICA DE RUPTURA CONTROLADA

INFORME DE ENSAYO N° 012-2010-tdmasfaltos-labint

GUIA TDM ASFALTOS :

CLIENTE:

CONCAR

REFERENCIAS

TANQUE:

MINIPLANTA

CINTILLO DE SEGURIDAD N°:

LOTE DE PRODUCCIÓN:

CANTIDAD:

FECHA DE PRODUCCIÓN:

15/04/2010

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	ASTM D 244-00	ssf	20	100	26
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO, 24hr, %	ASTM D 244-00	%	--	1	0.4
RESIDUO POR EVAPORACIÓN, 163°C, 3 horas	ASTM D 244-00	%	60	--	62.6
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20, 25°C	ASTM D 244-00	%	--	0.1	0.02
CARGA DE PARTÍCULA	ASTM D 244-00		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 seg.	ASTM D 5	dmm	40	90	66
PUNTO DE ABLANDAMIENTO, °C	ASTM D 36	°C	57	--	57
DUCTILIDAD, 25°C, 5 cm/min	ASTM D 113	cm	≥ 40		70
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	ASTM D 2042	%	97.5	--	99.5

OBSERVACIONES: El producto cumple especificaciones NTP 321,141

Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada

PE: 1.00 g/cm³

c.c.:
Archivo


ING. WENDY HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
TDM ASFALTOS SAC
 Ing. Wendy Herencia
 Jefe de departamento técnico

Fecha de Emisión : Lima, 24 de Abril del 2010

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

ANEXO D – MORTERO ASFÁLTICO CANTERA VILCANIZA

**INFORME DE ENSAYO**

Proyecto : Tratamiento Superficial con Slurry Seal Tipo II
 Ubicación : IIRSA NORTE
 Solicitante : CONCAR S.A.
 Referencia : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra : CANTERA VILCANIZA
 Referencia : Formular Slurry Seal tipo II.
 Observaciones : Agregado muestreado por los interesados.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PASA %	ESPECIFICACIÓN SLURRY SEAL TIPO II
3/8"	9.525	100.0	100.0
# 4	4.750	100.0	90 - 100
# 10	2.380	70.0	65 - 90
# 16	1.190	44.0	45 - 70
# 30	0.590	29.0	30 - 50
# 50	0.297	18.0	18 - 30
# 100	0.149	12.0	10 - 21
# 200	0.074	9.0	5 - 15
< # 200	(ASTM C-117)	0.0	

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍNIMO 45%	65.0 %
AZUL DE METILENO (ISSA TB 145)	-----	6.3 mg/gr

II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión : Emulsión Cationica de Rotura Lenta Emultec con polimero CSS-1hp.
 Referencia : MINIPLANTA - CSS-1hp

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 244	%	61.9	Mínimo 60%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	61	50 - 90 dmm
Punto de ablandamiento	ASTM D 36	°C	55	55 °C
Recuperación Elástica por Torsión	NLT 329	%	19	12%



III. ANALISIS DE AGUA

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	(6 - 8)	MAXIMO 380 ppm	7.56	234 ppm

IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 9.5 %
 Emulsión asfáltica teórica calculada : 15.3%

V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:
 Rueda cargada (ISSA TB 109)
 Abrasión en humedo (ISSA TB 100)

Emulsion teorica (%)	Agua (%)	Filler (%)
15.3	11.1	0.5

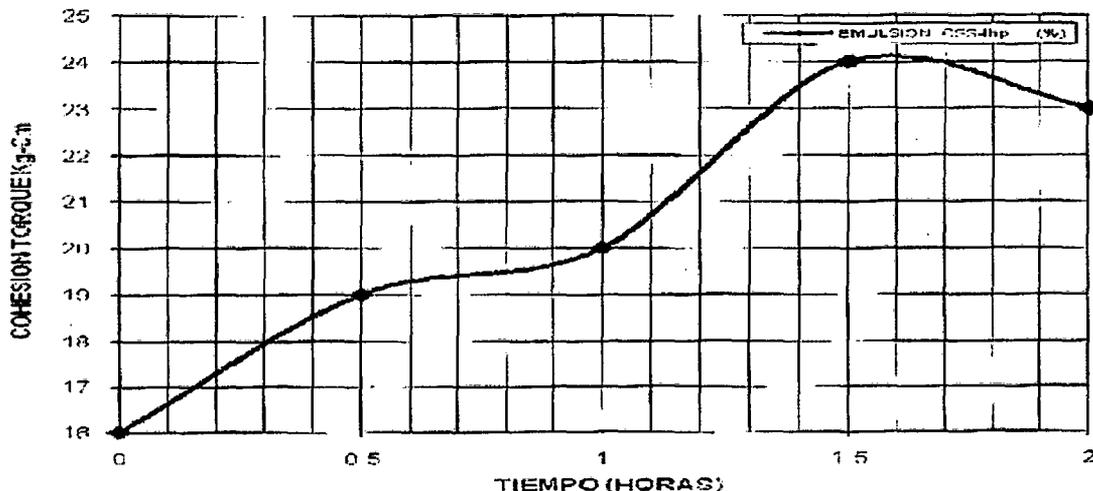
- Humedad natural del agregado 0.4%
- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler : Cemento Portland.
- Tiempo de mezclado >180segundos.
- Porcentajes en peso del agregado.

VI. COHESION

TEMPERATURA LABORATORIO	% EMULSIÓN	% FILLER	% AGUA	TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos)	COHESION (kg-cm)	
					30 min	60 min
22°C-25°C aprox	14.5	0.5	11.7	>180	19	20

Tiempo de rotura bajo condiciones de laboratorio : 1.5 hora

CURVA DE COHESION





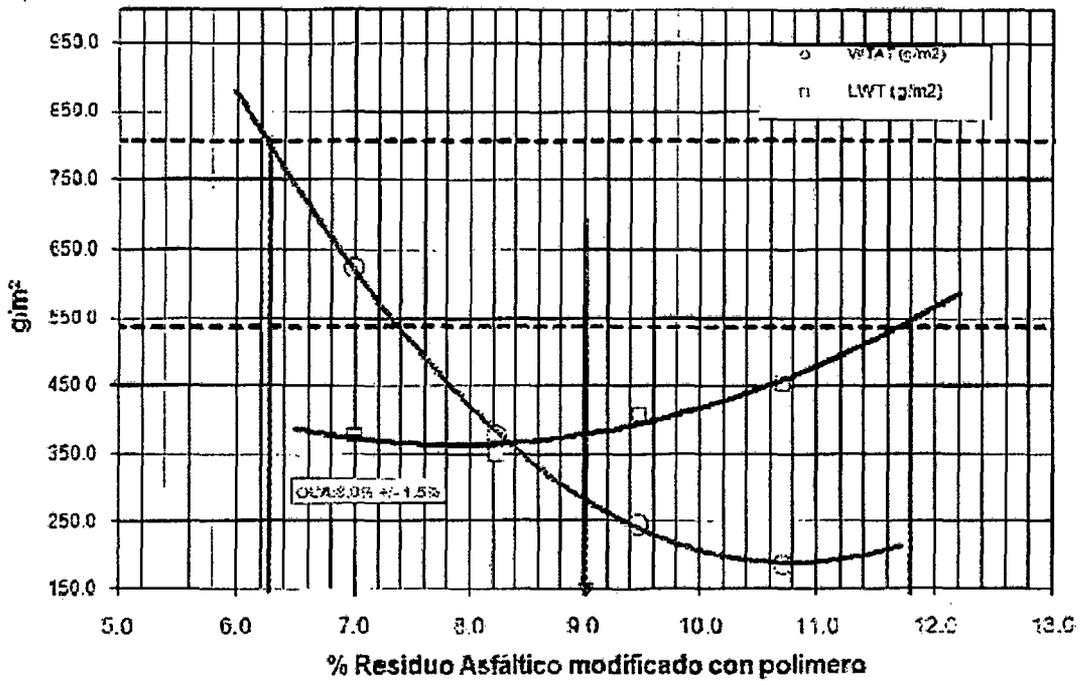
VII. Especificaciones

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 180 seg.
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 807 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²

VIII. Resultados

Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
11.3	622.6	377.8
13.3	377.8	351
15.3	244.9	408.3
17.3	185.4	453.8

Contenido Optimo de Asfalto



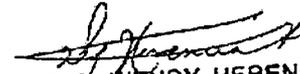


Diseño de Slurry Seal tipo II

- Cantidad óptima de emulsión asfáltica CSS-1hp : 14.5%
(Rango de tasa de aplicación: 12.1% a 17% aplicación)
- Cantidad de agua : 11.7%
(Agua añadida + Humedad natural del agregado)
- Cantidad de filler (Cemento Portland) : 0.5%

Nota. Las condiciones de diseño y evaluación de material fueron realizadas en condiciones de laboratorio. Se debe tomar en cuenta, que durante la aplicación en campo se puede requerir algunos ajustes al diseño.


Miguel Alfaro
Téc. Laboratorio


ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
TDM Asfaltos S.A.S.
Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurín 15 de Mayo de 2010



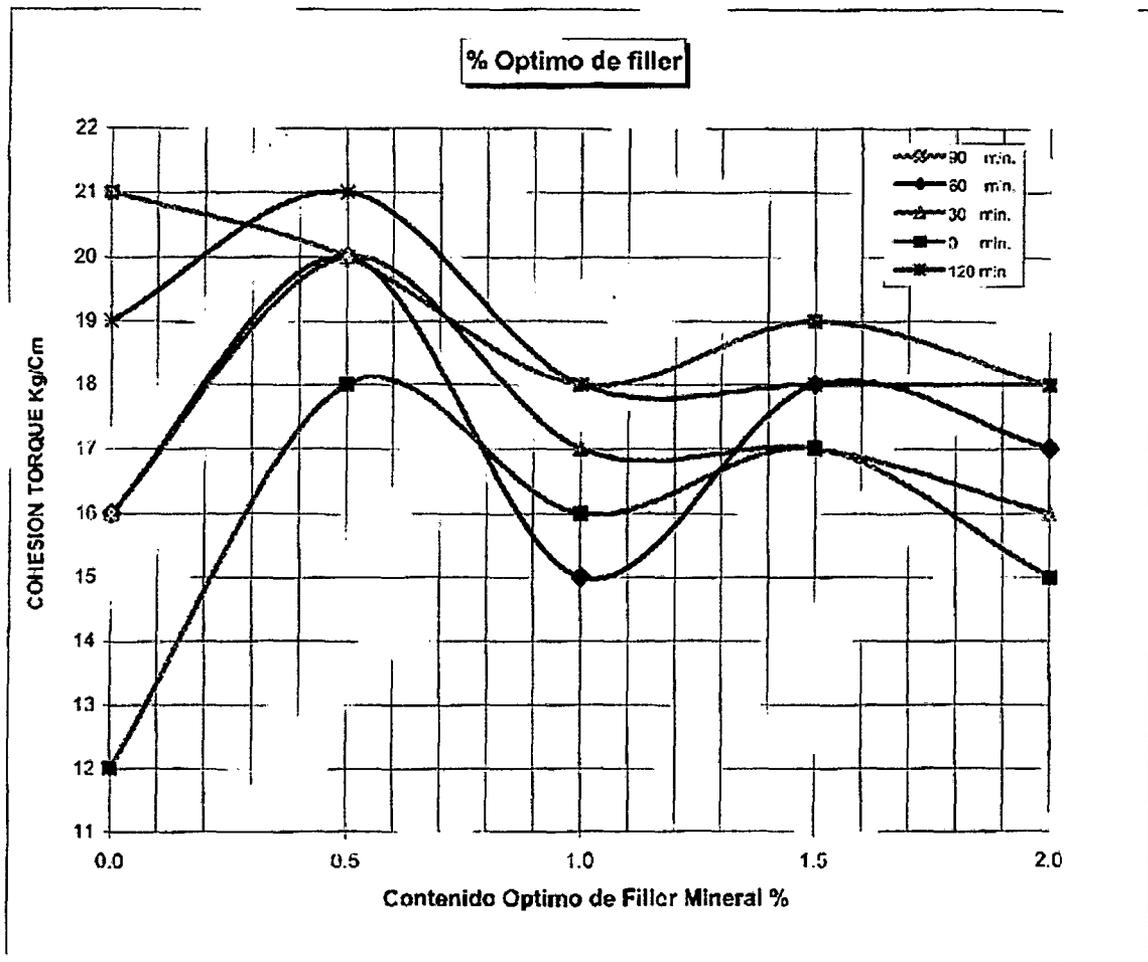
CONTENIDO OPTIMO DE FILLER

SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

CANTERA : VILCANIZA

AGUA : Potable

C.P. (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	0 min.	30 min.	60 min.	90 min.	120 min.
0.0	1.5- hora	12	16	16	21	19
0.5	1.5- hora	18	20	20	20	21
1.0	1.5- hora	16	17	15	18	18
1.5	1.5- hora	17	17	18	19	18
2.0	1.5- hora	15	16	17	18	18



Miguel Alfaro H.
Miguel Alfaro H.
Tec. Laboratorio

Wendy Herencia
ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO
DEPARTAMENTO TECNICO
TDM ASALTOS SAC

Fecha de emisión: Lurin 15 de Mayo de 2010



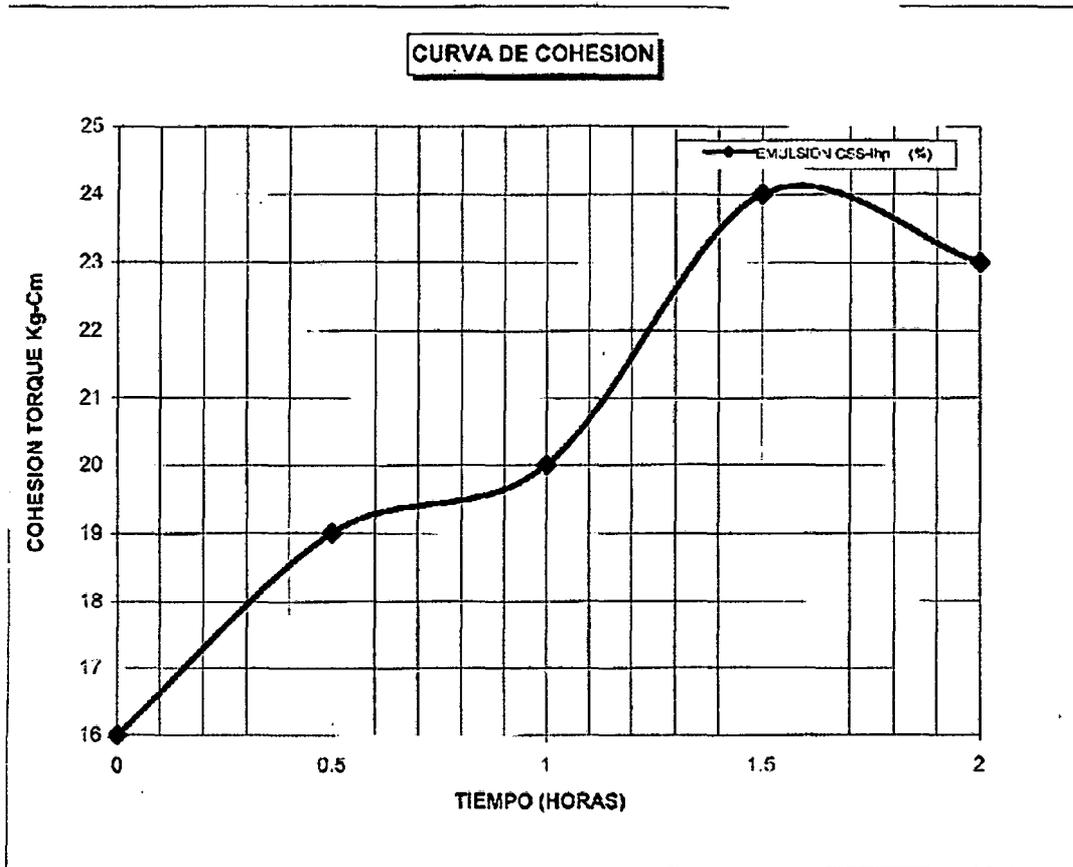
COHESION

SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

CANTERA : VILCANIZA

AGUA : Potable

EMULSION CSS-lhp (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	0	0.5	1.0	1.5	2.0	TIEMPO (HRS) TORSION
14.5	1.5- HRS	16	19	20	24	23	



Miguel Alfaro H.
 Miguel Alfaro H.
 Tec. Laboratorio

Wendy Herencia
 ING WENDY HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO
 TDM ASFALTOS SAC
 Wendy Herencia
 Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 15 de Mayo de 2010



TDM Asfaltos

CONTROL DE DISEÑO

SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

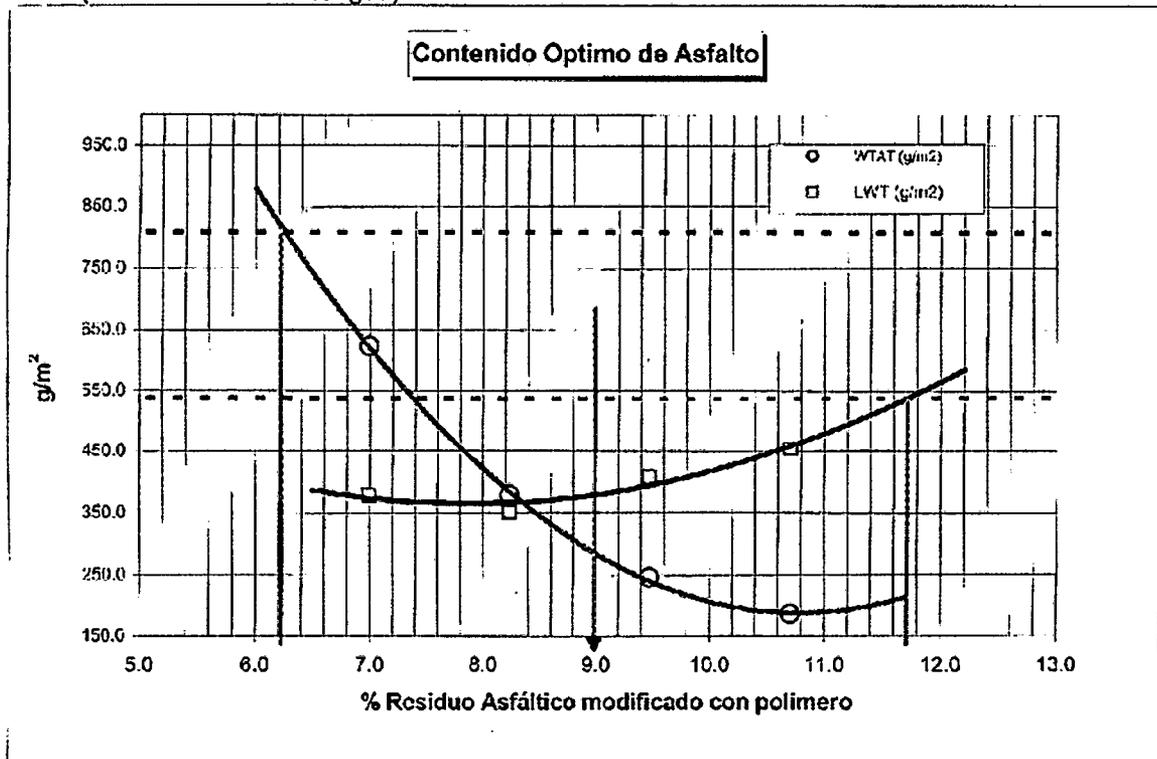
CANTERA : VILCANIZA

Asfalto (%)	Emulsión CSS1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
7.0	11.3	13.0	0.5	622.6	377.8
8.2	13.3	12.0	0.5	377.8	351.0
9.5	15.3	11.5	0.5	244.9	408.3
10.7	17.3	10.5	0.5	185.4	453.8

S.E : 13.6
 ASF.T : 9.5 %
 EMUL.T : 15.3 %

0.4% - HUMEDAD NATURAL
 (valor incluido en el %Agua)

Res.Asf. % **61.9** CSS-1hp



RES. ASF. (%)	EMUL. ASF (%)
7.5	12.1
9.0	14.5
10.5	17.0

Miguel Alfaro H.
 Miguel Alfaro H.
 Tec. Laboratorio

ING. WENDEL HERENCIA
 ING. WENDEL HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
 JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
 TDM ASFALTOS SAC

Fecha de emisión: Lurin 15 de Mayo de 2010



TDM Asfaltos

EMULTEC CSS-1hp

EMULSIÓN CATIONICA DE RUPTURA LENTA CON POLIMERO SBR

INFORME DE ENSAYO N° 013-2010-tdmasfaltos-labint

GUIA TDM ASFALTOS :

CLIENTE:

CONCAR

REFERENCIAS

TANQUE:

MINIPIANTA

CINTILLO DE SEGURIDAD N°:

LOTE DE PRODUCCIÓN:

CANTIDAD:

FECHA DE PRODUCCIÓN: 08/04/2010

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	ASTM D 244-00	ssf	20	100	23
SEDIMENTACIÓN, 7 días, 25 °C	ASTM D 244-00	%	--	5	1
RESIDUO POR EVAPORACIÓN, 163°C, 3 horas	ASTM D 244-00	%	60	--	61.9
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20, 25°C	ASTM D 244-00	%	--	0.1	0.01
MEZCLA CON CEMENTO	ASTM D 244-00	%	--	2	1
CARGA DE PARTÍCULA	ASTM D 244-00		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 seg.	ASTM D 5	dmm	50	90	61
PUNTO DE ABLANDAMIENTO, °C	ASTM D 36	°C	55	--	55
DUCTILIDAD, 5°C, 5 cm/min	ASTM D 113	cm	≥ 10		15
RECUPERACIÓN ELASTICA TORSIONAL, 25°C	NLT 329 (*)	%	≥ 12		19

OBSERVACIONES: El producto cumple especificaciones NTP 321,141

Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada

PE: 1.00 g/cm³

(*) NORMA TECNICA ESPAÑOLA

C.C.:
Archivo

[Firma]
 ING. WENDY HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
 TDM ASFALTOS SAC

Fecha de Emisión : Lima, 15 de Mayo del 2010

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

ANEXO E- MICROPAVIMENTO CANTERA VILCANIZA

**INFORME DE ENSAYO**

Proyecto : Tratamiento Superficial con Micropavimento Tipo II
 Ubicación : IIRSA NORTE
 Solicitante : CONCAR S.A.
 Referencia : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra : CANTERA VILCANIZA
 Referencia : Formular Micropavimento Tipo II.
 Observaciones : Agregado muestreado por los interesados.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PASA %	ESPECIFICACIÓN SLURRY SEAL TIPO II
3/8"	9.525	100.0	100.0
# 4	4.750	100.0	90 - 100
# 8	2.380	70.0	65 - 90
# 16	1.190	44.0	45 - 70
# 30	0.590	29.0	30 - 50
# 50	0.297	18.0	18 - 30
# 100	0.149	12.0	10 - 21
# 200	0.074	9.0	5 - 15
< # 200	(ASTM C-117)	0.0	

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍNIMO 65%	65.0 %
AZUL DE METILENO (ISSA TB 145)	-----	6.3 mg/gr

II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión : Emulsión Cationica de Rotura Controlada
 Emultec modificada con polímero CQS-1hp.
 Referencia : INFORME DE ENSAYO N° 014-2010 EMULTEC CQS-1hp

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 244	%	63.8	Mínimo 60%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	66	40 - 90 dmm
Punto de ablandamiento	ASTM D 38	°C	57	57 °C



III. ANALISIS DE AGUA

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	(6 - 8)	MAXIMO 380 ppm	7.56	231 ppm

IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 9.5%
Emulsión asfáltica teórica calculada : 14.9%

V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

Rueda cargada (ISSA TB 109)
Abrasión en humedo (ISSA TB 100)

Emulsion teorica (%)	Agua (%)	Aditivo (%)	Filler (%)
14.9	8.6	0.4	0.2

- Humedad natural del agregado 0.4%
- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler : Cemento Portland.
- Tiempo de mezclado >120segundos.
- Porcentajes en peso del agregado.

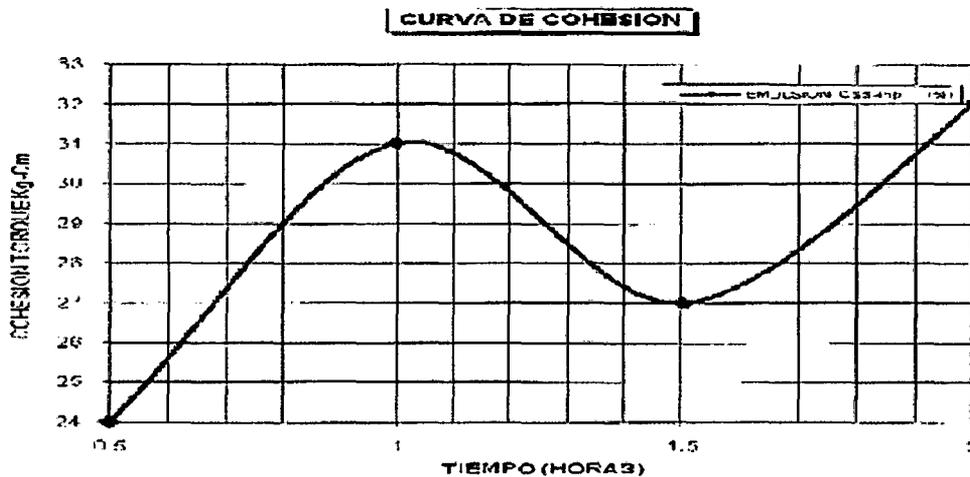
VI. Especificaciones

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 120 seg.
Cohesión húmeda	ISSA TB 139	Mínimo 30 min., 12 kg-cm
		Mínimo 60 min., 20 kg-cm
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 538 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²



VII. COHESION

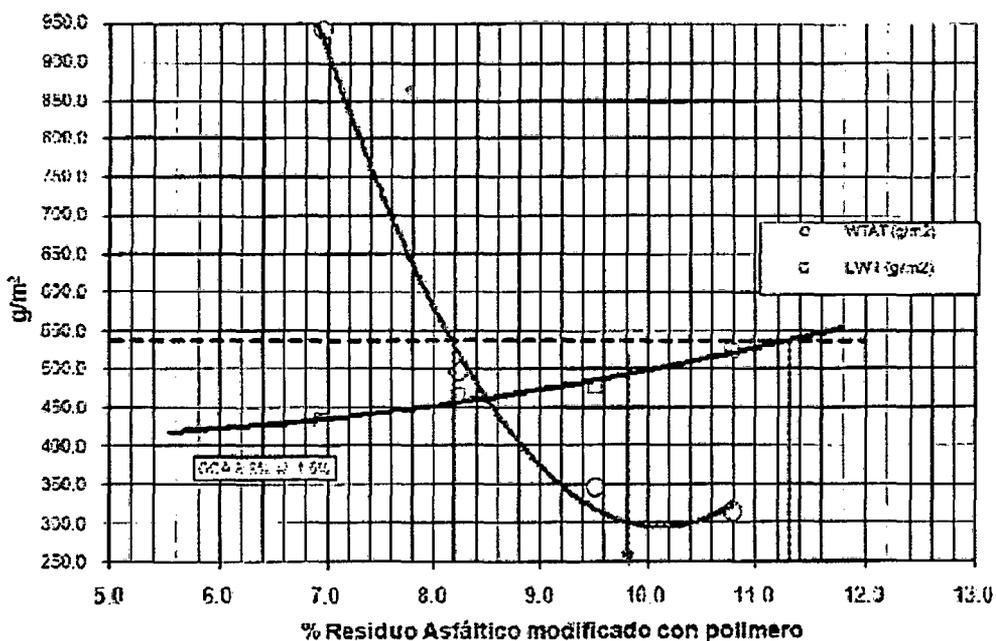
TEMPERATURA LABORATORIO	% EMULSIÓN	% FILLER	% AGUA	TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos)	COHESION (kg-cm)	
					30 min	60 min
22°C-25°C aprox	14.9	0.2	9.4	>120	24	31



VIII. Resultados

Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
10.9	941.0	432.1
12.9	496.7	467.2
14.9	346.3	476.9
16.9	314.8	525.6

Contenido Óptimo de Asfalto





IX. Conclusiones

Diseño de Micropavimentó tipo II

- Cantidad óptima de emulsión asfáltica CQS-1hp : 15.4%
(Rango de tasa de aplicación: 13.0 % a 17.7 % aplicación)
- Cantidad de agua : 8.5%
(Agua añadida + Humedad natural del agregado)
- Cantidad de filler (Cemento Portland) : 0.2%

Nota. Las condiciones de diseño y evaluación de material fueron realizadas en condiciones de laboratorio. Se debe tomar en cuenta, que durante la aplicación en campo se puede requerir algunos ajustes al diseño.


Miguel Alfaro
Tec. Laboratorio


ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
TDM ASFALTOS S.A.
Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurín 22 de Mayo de 2010



TDM Asfaltos

FORMATO DE PRUEBAS

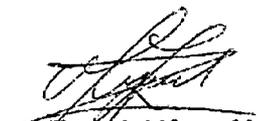
SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

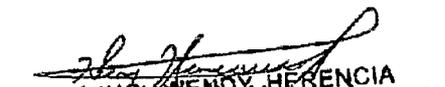
CANTERA : VILCANIZA

# De Prueba	# De emulsión	% Agua	% Aditivo	% Cemento	% Emulsión	Tiempo de Mezcla(seg)	Observación
1	1	9.4	0.0	0.0	14.9	1200	
2	1	9.4	0.0	0.2	14.9	60	
3	1	9.4	0.1	0.2	14.9	75	
4	1	9.4	0.5	0.1	14.9	275	Falsa Rotura
5	1	9.4	0.3	0.1	14.9	380	Falsa Rotura
6	1	9.4	0.3	0.2	14.9	127	
7	1	9.4	0.4	0.2	14.9	178	OK

OBS:

- 1) Tipo de emulsion: CQS-1hp % Residuo: 63.8
- 2) El %Agua está considerando la humedad natural y el aditivo
- 3) Humedad Natural = 0.4%


Miguel Alfaro H.
Tec. Laboratorio


Wendy Herencia
JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
Jefe de Departamento Técnico

Lurín 22 de Mayo del 2010



TDM Asfaltos

COHESION

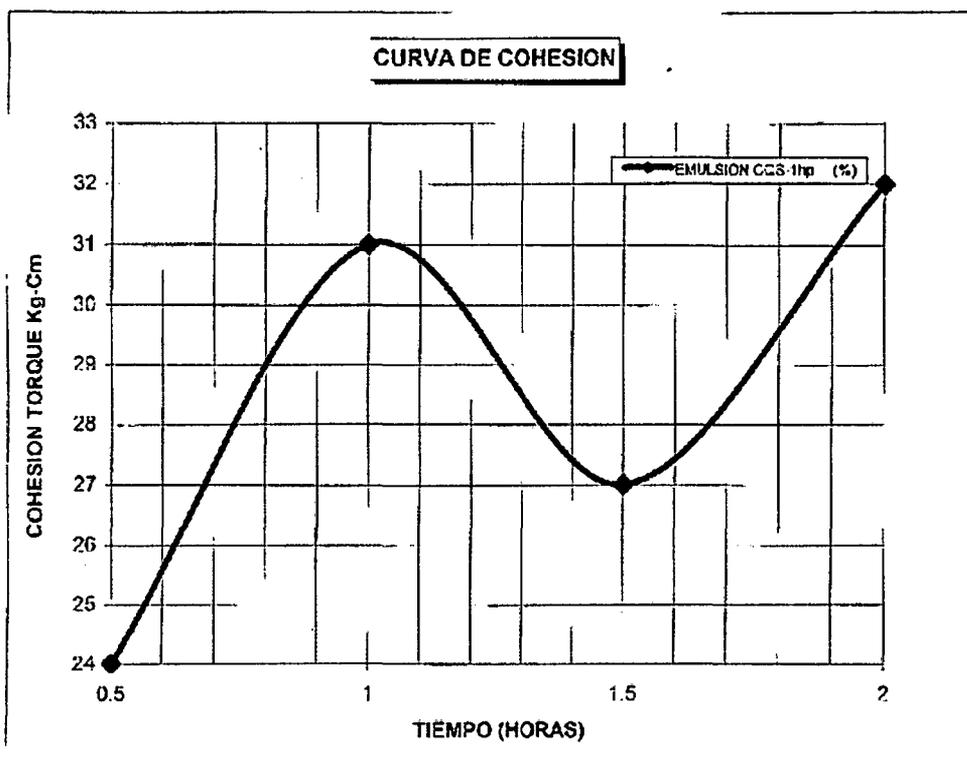
SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

CANTERA : VILCANIZA

AGUA : Potable

EMULSION CQS-1hp (%)	TIEMPO ROT. DE LA MEZCLA	0.5	1.0	1.5	2.0
14.9	0- HRS	24	31	27	32

TIEMPO (HRS)
TORSION



[Signature]
Miguel Alfaro H.
Tec. Laboratorio

[Signature]
ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO
TDM ASPALTOS SAC
Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 22 de Mayo de 2010



TDM Asfaltos

CONTROL DE DISEÑO

SOLICITANTE : LORENA ORTIZ PALOMINO (TESISTA)

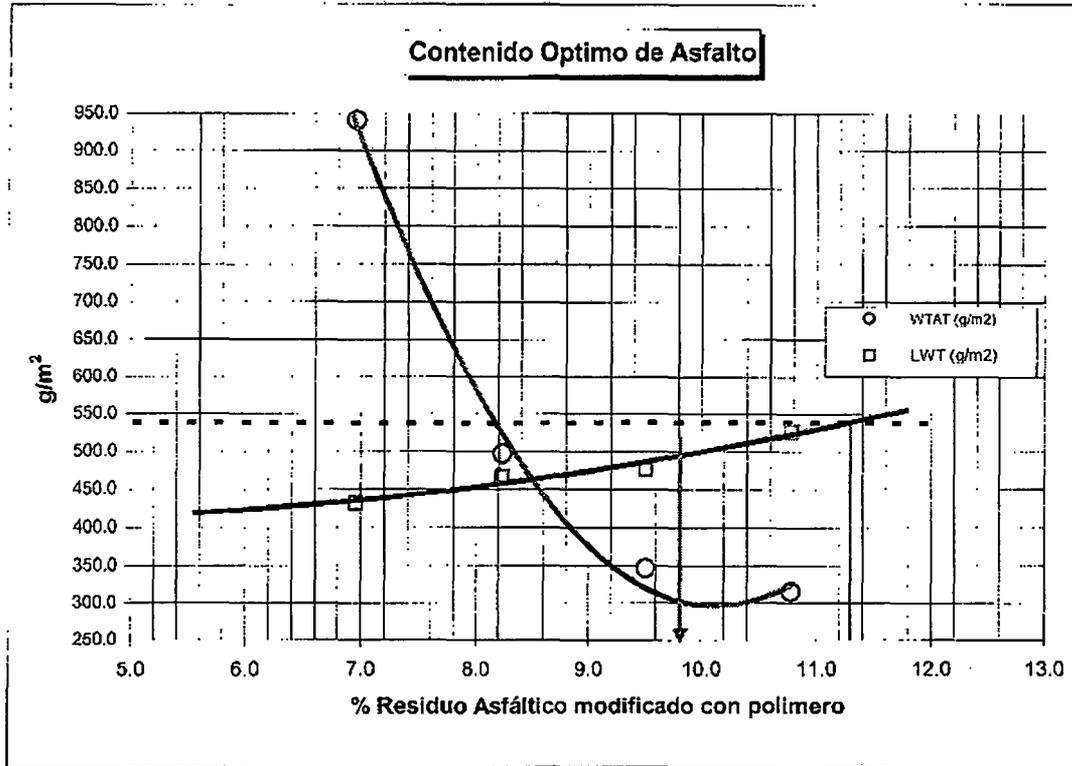
CANTERA : VILCANIZA

Asfalto (%)	Emulsión CQS1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
7.0	10.9	11.0	0.2	941.0	432.1
8.2	12.9	9.5	0.2	496.7	467.2
9.5	14.9	9.0	0.2	346.3	476.9
10.8	16.9	7.0	0.2	314.8	525.6

S.E : 13.6
 ASF.T : 9.5 %
 EMUL.T : 14.9 %

0.4% - HUMEDAD NATURAL
 (valor incluido en el % de Agua)

Res.Asf. % **63.8** CQS-1hp



RES. ASF. (%)	EMUL. ASF (%)
8.3	13.0
9.8	15.4
11.3	17.7

[Firma]
 Miguel Alfaro H.
 Tec. Laboratorio

[Firma]
 ING. WENDY HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
 TDM ASFALTOS S.A.C.
 Jefe de Departamento

Fecha de emisión: Lurin 22 de Mayo de 2010



TDM Asfaltos

EMULTEC CQS-1hp

EMULSIÓN CATIONICA DE RUPTURA CONTROLADA

INFORME DE ENSAYO N° 014-2010-tdmasfaltos-labint

GUÍA TDM ASFALTOS :

CIENTRO:

CONCAR

REFERENCIAS

TANQUE:

MINIPLANTA

CINTILLO DE SEGURIDAD N°:

LOTE DE PRODUCCIÓN:

CANTIDAD:

FECHA DE PRODUCCIÓN:

15/04/2010

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	ASTM D 244-00	ssf	20	100	34
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO, 24hr, %	ASTM D 244-00	%	--	1	0.4
RESIDUO POR EVAPORACIÓN, 163°C, 3 horas	ASTM D 244-00	%	60	--	63.8
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20, 25°C	ASTM D 211-00	%	--	0.1	0.02
CARGA DE PARTÍCULA	ASTM D 244-00		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 seg.	ASTM D 5	dmm	40	90	66
PUNTO DE ABLANDAMIENTO, °C	ASTM D 36	°C	57	--	57
DUCTILIDAD, 25°C, 5 cm/min	ASTM D 113	cm	≥ 40		70
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	ASTM D 2042	%	97.5	--	99.5

OBSERVACIONES: El producto cumple especificaciones NTP 321,141

Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada

PE: 1.00 g/cm³

S.C.:

Archivo

[Firma]
 TDM ASFALTOS S.A.C. - GERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO
 Jefe de Depto. Técnico
 TDM ASFALTOS SAC

Fecha de Emisión : Lima, 22 de Mayo del 2010

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

**ANEXO F – ENSAYO DE MORTERO ASFÁLTICO CON EMULSION
CONVENCIONAL Y EMULSIÓN MODIFICADA**

**INFORME DE ENSAYO**

Proyecto : Tratamiento Superficial con Slurry Seal Tipo I
 Ubicación :
 Solicitante : EMPRESA PRIVADA
 Referencia : ARCHIVOS LABORATORIO

I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra : **CANTERA A**
 Referencia : Formular Slurry Seal tipo I.
 Observaciones : Agregado muestreado por los interesados.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PASA %	ESPECIFICACIÓN SLURRY SEAL TIPO I
3E*	9.525	100.0	100.0
#4	4.760	100.0	0 - 0
#8	2.380	100.0	90 - 100
#16	1.190	61.4	65 - 90
#30	0.590	65.2	40 - 55
#50	0.297	51.5	25 - 42
#100	0.149	31.7	15 - 30
#200	0.074	11.3	10 - 20
<#200	[ASTM C-117]	0.3	

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍNIMO 45%	48 %
AZUL DE METILENO (ISSA TB 145)	-----	10.0 mg/gr
PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C 29)	-----	1592 Kg/m ³

II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión :
 Emulsión Cationica de Rotura Lenta, Emultec CSS-1h

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 244	%	61.2	Mínimo 60%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	70	40 - 90 dmm



III. ANALISIS DE AGUA

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	(6 - 8)	MAXIMO 380 ppm	7.26	221 ppm

IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 10.2 %
Emulsión asfáltica teórica calculada : 16.7%

V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

Rueda cargada (ISSA TB 109)

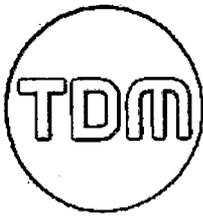
Abrasión en humedo (ISSA TB 100)

Emulsion teorica (%)	Agua (%)	Filler (%)
16.7	13.0	0.5

- Humedad natural del agregado 0.5%
- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler : Cemento Portland.
- Tiempo de mezclado >180segundos.
- Porcentajes en peso del agregado.

VI. Especificaciones

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 180 seg.
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 807 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²



TDM Asfaltos

VII. Resultados

Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)
14.7	1965.9
16.7	1591.6
18.7	1318.7
20.7	979.4

Los moldes no cumplen las exigencias de ensayo tanto para WTAT y LWT (Ver Figuras 1 y 2).

LWT (ISSA TB 109): Los moldes de ensayo presentaron desplazamiento lateral

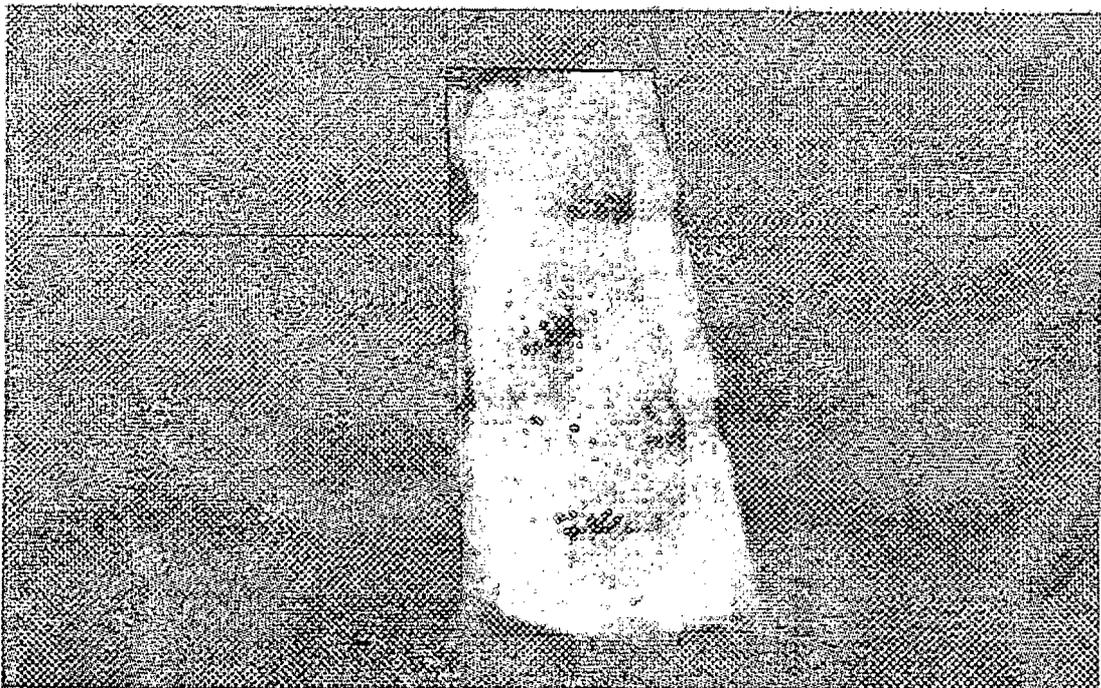
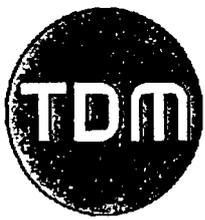


Figura 1: LWT – El espécimen soportó tan sólo 150 ciclos de los primeros 1000 ciclos que exige el ensayo



TDM Asfaltos

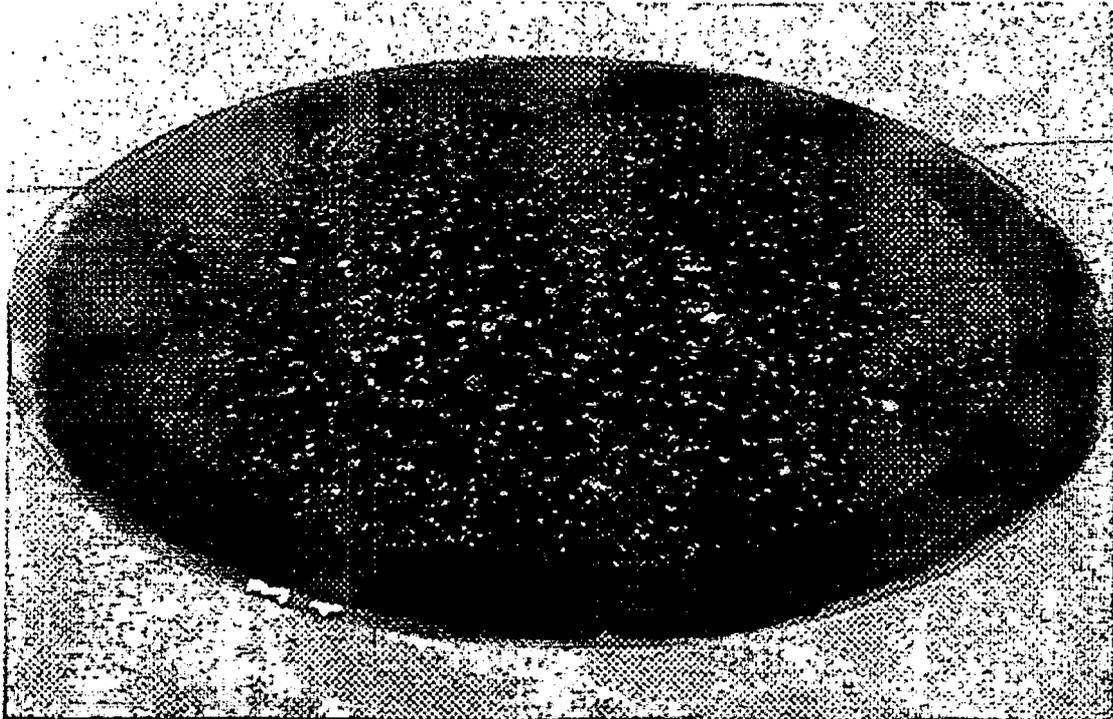
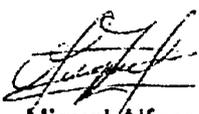
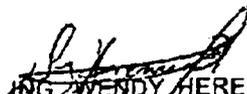


Figura 2: WTAT – Tiene un alto valor de desprendimiento (1965.9 gr/m²)


Miguel Alfaro
Tec. Laboratorio


ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
TDM ASFALTOS SAC
Wendy Herencia
Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 22 de Marzo de 2010



TDM Asfaltos

CONTROL DE DISEÑO

SOLICITANTE : EMPRESA PRIVADA

CANTERA : A

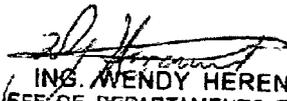
Asfalto (%)	Emulsión CSS1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
9.0	14.7	14.0	0.5	1965.9	
10.2	16.7	13.5	0.5	1591.6	
11.4	18.7	12.5	0.5	1318.7	
12.7	20.7	11.0	0.5	979.4	

S.E : 20.3
ASF.T : 10.2 %
EMUL.T : 16.7 %

0.5% - HUMEDAD NATURAL

Res.Asf. % 61.2 CSS-1h


Miguel Alfaro H.
Tec. Laboratorio


ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
TDM ASFALTOS SAC
Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 22 de Marzo de 2010



TDM Asfaltos

EMULTEC CSS-1h

EMULSIÓN CATIONICA DE RUPTURA LENTA

INFORME DE ENSAYO N° 069-2010 EMULTEC CSS-1h

GUIA TDM ASFA. TOS :

CLIENTE:

REFERENCIAS

TANQUE:

LOTE DE PRODUCCIÓN:

CANTIDAD:

FECHA DE PRODUCCIÓN:

CINTILLO DE SEGURIDAD N°:

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	ASTM D 244-00	ssf	20	100	24
ESTABILIDAD POR ALMACENAMIENTO 24 horas %	ASTM D 244-00	%	--	1	0.2
RESIDUO POR EVAPORACIÓN, 163°C, 3 horas	ASTM D 244-00	%	57	--	61.2
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20, 25°C	ASTM D 244-00	%	--	0.1	0.01
MEZCLA CON CEMENTO	ASTM D 244-00	%	--	2	1
CARGA DE PARTÍCULA	ASTM D 244-00		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 seg.	ASTM D 5	dmm	60	70	70
DUCTILIDAD, 25°C, 5 cm/min	ASTM D 113	cm	40	--	44
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	ASTM D 2042	%	97.5	--	98

OBSERVACIONES: El producto cumple especificaciones ASTM D-2397

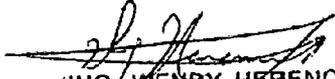
Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada

PE: 1.00 g/cm³

CODIGO DE CONTRA MUESTRA 069

c.c.:

Archivo


 ING WENDY HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO
 TDM ASFALTOS S.A.O. JEFE DE DEPARTAMENTO TECNICO

Fecha de Emisión : Lima, 22 de Marzo del 2010

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, procedimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

**INFORME DE ENSAYO**

Proyecto : Tratamiento Superficial con Slurry Seal Tipo I
 Ubicación :
 Solicitante : EMPRESA PRIVADA
 Referencia : ARCHIVOS LABORATORIO

I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra : **CANTERA A**
 Referencia : Formulario Slurry Seal tipo I.
 Observaciones : Agregado muestreado por los interesados.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PASA %	ESPECIFICACIÓN SLURRY SEAL TIPO I
3/8"	9.525	100.0	100.0
# 4	4.750	100.0	0 - 0
# 8	2.330	100.0	93 - 100
# 16	1.190	81.4	65 - 93
# 30	0.590	66.2	43 - 65
# 50	0.297	51.5	25 - 42
# 100	0.149	31.7	15 - 33
# 200	0.074	11.3	10 - 20
< # 200	[ASTM C-117]	0.3	

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍNIMO 45%	48 %
AZUL DE METILENO (ISSA TB 145)	-----	10.0 mg/gr
PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C 29)	-----	1592 Kg/m ³

II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión :

Emulsión Cationica de Rotura Lenta Modificada con Polímero, Emultec CSS-1hp.

Referencia : LL 079 INFORME DE ENSAYO N° 079-2010 EMULTEC CSS-1hp

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 244	%	62	Mínimo 60%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	69	40 - 90 dmm
Punto de ablandamiento	ASTM D 36	°C	55	55 °C
Recuperación Elástica por Torsión	NLT 329	%	18.5	12%



III. ANALISIS DE AGUA

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	(6 - 8)	MAXIMO 380 ppm	7.26	221 ppm

IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 10.2 %
Emulsión asfáltica teórica calculada : 16.5%

V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

Rueda cargada (ISSA TB 109)
Abrasión en humedo (ISSA TB 100)

Emulsión teorica (%)	Agua (%)	Filler (%)
16.5	14.0	0.5

- Humedad natural del agregado 0.5%
- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler : Cemento Portland.
- Tiempo de mezclado >180segundos.
- Porcentajes en peso del agregado.

VI. Especificaciones

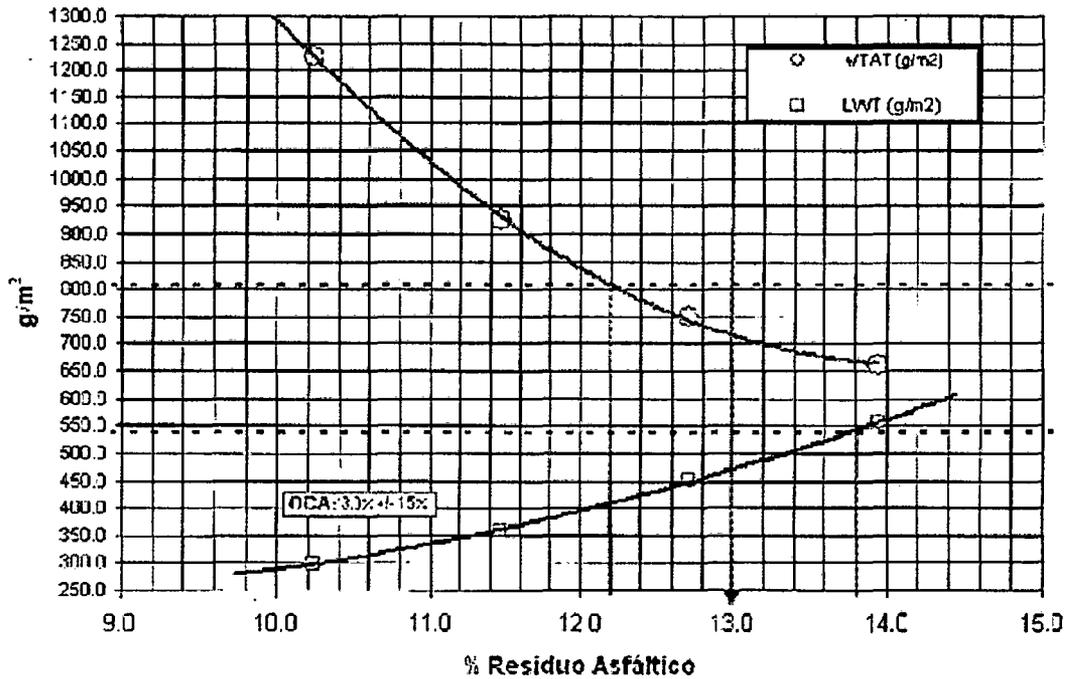
ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 180 seg.
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 807 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²

VII. Resultados

Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
16.5	1227.8	298.4
18.5	926.9	359.2
20.5	748.6	450.6
22.5	661.1	556.2



Contenido Optimo de Asfalto

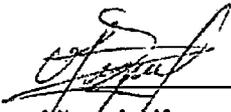


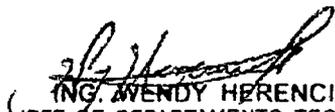
VIII. Conclusiones

Diseño de Slurry Seal tipo I

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CSS-1hp : 21.0%
(Rango de tasa de aplicación: 18.5% a 23.4% aplicación)
- Cantidad de agua : 13.5%
(Agua añadida + Humedad natural del agregado)
- Cantidad de filler (Cemento Portland) : 0.5%

Nota. Las condiciones de diseño y evaluación de material fueron realizadas en condiciones de laboratorio. Se debe tomar en cuenta, que durante la aplicación en campo se puede requerir algunos ajustes al diseño.


Miguel Alfaro
Tec. Laboratorio


ING. WENDY HERENCIA
JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
TDM ASFALTOS SAC
Wendy Herencia
Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 22 de Marzo de 2010



CONTROL DE DISEÑO

SOLICITANTE : EMPRESA PRIVADA

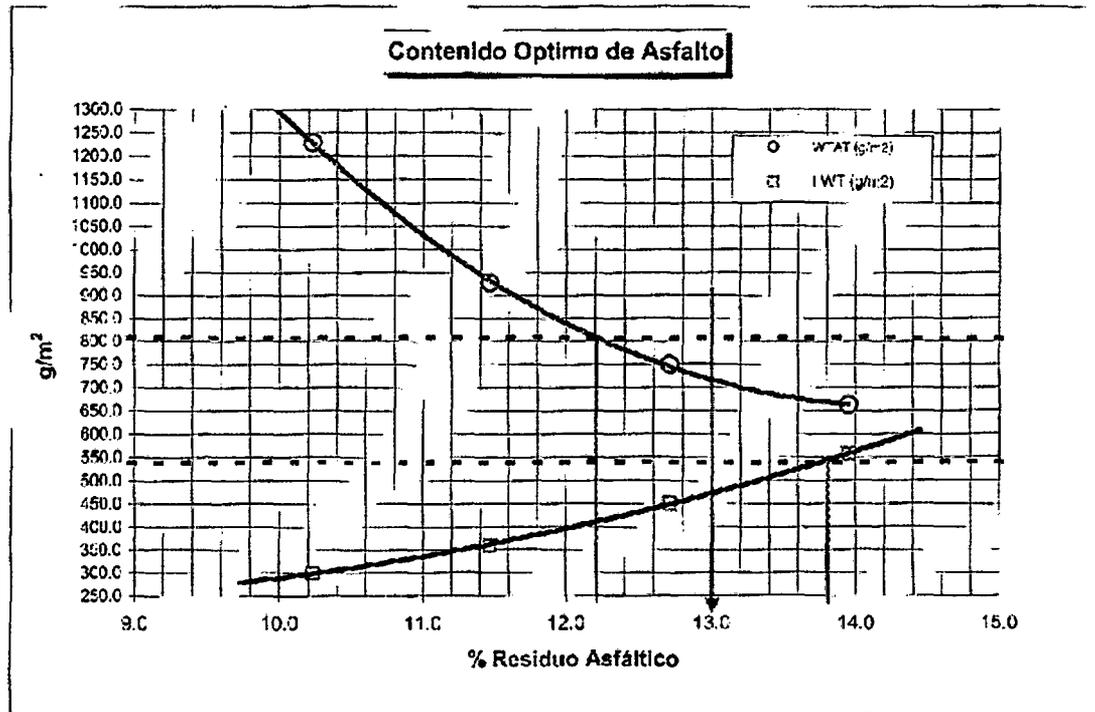
CANTERA : A

Asfalto (%)	Emulsión CSS1hp (%)	Agua (%)	C.P (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
10.2	16.5	14.5	0.5	1227.8	298.4
11.5	18.5	14.0	0.5	926.9	359.2
12.7	20.5	13.5	0.5	748.6	450.6
14.0	22.5	13.0	0.5	661.1	556.2

S.E : 20.3
 ASF.T : 10.2 %
 EMUL.T : 16.5 %

0.5% - HUMEDAD NATURAL

Res.Asf. % 62 CSS-1hp



RES. ASF. (%)	EMUL. ASF (%)
11.5	18.5
13.0	21.0
14.5	23.4

Miguel Alfaro H.
 Miguel Alfaro H.
 Tcc. Laboratorio

Wendy Herencia
 ING. WENDY HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
TDM ASFALTOS SAC
 Ing. Wendy Herencia
 Jefe de Departamento Técnico

Fecha de emisión: Lurin 22 de Marzo de 2010



TDM Asfaltos

EMULTEC CSS-1hp

EMULSIÓN CATIONICA DE RUPTURA LENTA CON POLIMERO SBR

INFORME DE ENSAYO N° 079-2010 EMULTEC CSS-1hp

GUIA TDM ASFALTOS :

CLIENTE:

REFERENCIAS

TANQUE:

CINTILLO DE SEGURIDAD N°:

LOTE DE PRODUCCIÓN:

CANTIDAD:

FECHA DE PRODUCCIÓN:

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	ASTM D 244-00	ssf	20	100	20
SEDIMENTACIÓN, 5 días, 25 °C	ASTM D 244-00	%	--	5	0.5
ESTABILIDAD 24 horas	ASTM D 244-00	%	-	1	0
DESTILACIÓN POR EVAPORACIÓN	ASTM D 244-00	--			
RESIDUO POR EVAPORACIÓN, 163°C, 3 horas	ASTM D 244-00	%	60	--	62
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20, 25°C	ASTM D 244-00	%	--	0.1	0.02
MEZCLA CON CEMENTO	ASTM D 244-00	%	--	2	2
CARGA DE PARTÍCULA	ASTM D 244-00		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 seg.	ASTM D 5	dmm	40	90	69
PUNTO DE ABLANDAMIENTO, °C	ASTM D 36	°C	55	--	55
DUCTILIDAD, 5°C, 5 cm/min	ASTM D 113	cm	≥ 10		16
RECUPERACIÓN ELÁSTICA TORSIONAL, 25°C	NLT 329 (*)	%	≥ 12		18.5

OBSERVACIONES: El producto cumple especificaciones NTP 321,141

Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada

PE: 1.00 g/cm³

CODIGO DE CONTRA MUESTRA - 079

(*) NORMA TÉCNICA ESPAÑOLA

n.o.:

Archivo


 ING. WENDY HERENCIA
 JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO
 TDM ASFALTOS SAC
 Ing. Wendy Herencia
 JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO

Fecha de Emisión : Lima, 22 de Marzo del 2010

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

ANEXO G – NORMAS ISSA

Recommended Performance Guidelines For Emulsified Asphalt Slurry Seal

**A105 (Revised)
November 2005**



NOTICE

It is not intended or recommended that these guidelines be used as verbatim specifications. They should be used as an outline, helping user agencies establish their particular project specifications. Users should understand that almost all areas vary as to the availability of materials. Efforts should be made to determine what materials are reasonably available, keeping in mind system compatibility and specific job requirements. Feel free to contact the ISSA for answers to any questions and also for a list of ISSA contractors and companies who could assist.

**International Slurry Surfacing Association
#3 Church Circle, PMB 250
Annapolis, MD 21401
(410) 267-0023
www.slurry.org**

© 2005 by International Slurry Surfacing Association
No reproduction of any kind may be made without written permission of ISSA.

RECOMMENDED PERFORMANCE GUIDELINES FOR EMULSIFIED ASPHALT SLURRY SEAL

1. SCOPE

The intent of this guideline is to aid in the design, testing methods, quality control, measurement and payment procedures for the application of Emulsified Asphalt Slurry Seal Surfacing.

2. DESCRIPTION

The slurry seal shall consist of a mixture of an approved emulsified asphalt, mineral aggregate, water, and specified additives, proportioned, mixed and uniformly spread over a properly prepared surface as directed by the Buyer's Authorized Representative (B.A.R.). The completed slurry seal shall leave a homogeneous mat, adhere firmly to the prepared surface, and have a skid-resistant surface texture throughout its service life.

3. APPLICABLE SPECIFICATIONS

3.1 GENERAL

There are agencies and testing methods listed in the appendix (see Appendix A) which form a part of this guideline.

It is not normally required to run all tests on every project. Some tests are expensive and take substantial time to conduct. If the materials to be used on the project have a past record of good performance, the requirements for testing may be decreased. Paving authorities are often familiar with local materials and should be able to furnish information which would minimize the amount of testing required.

4. MATERIALS

4.1 EMULSIFIED ASPHALT

The emulsified asphalt shall conform to Grade _____ (SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h, CQS-1h, Quick-Set Mixing Grade) as specified in _____ (ASTM D977, ASTM D2397, AASHTO M140 and AASHTO M208). The cement mixing test is waived.

4.1.1 QUALITY TESTS

	AASHTO TEST METHOD	ASTM TEST METHOD	QUALITY	SPECIFICATION
TEST ON EMULSION				
	AASHTO T59	ASTM D244	Residue After Distillation	60% Minimum
TEST ON EMULSION RESIDUE				
	AASHTO T49	ASTM 2397	Penetration at 77°F (25°C)	40 - 90*

- Climate conditions should be considered when establishing this band.

Each load of emulsified asphalt shall be accompanied with a Certificate of Analysis/ Compliance to assure that it is the same as that used in the mix design.

4.2 AGGREGATE

4.2.1 GENERAL

The mineral aggregate used shall be the type and grade specified for the particular use of the slurry seal. The aggregate shall be manufactured crushed stone such as granite, slag, limestone, chat, or other high-quality aggregate, or combination thereof. To assure the material is totally crushed, 100 percent of the parent aggregate will be larger than the largest stone in the gradation to be used.

4.2.2 QUALITY TESTS

When tested according to the following tests, the aggregate will meet these requirements.

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	QUALITY	SPECIFICATION
AASHTO T176	ASTM D2419	Sand Equivalent	45 Minimum
AASHTO T104	ASTM C88	Soundness	15% Maximum using Na ₂ SO ₄ or 25% Maximum using MgSO ₄
AASHTO T96	ASTM C131	Abrasion Resistance	35% Maximum

The abrasion test is to be run on the aggregate before it is crushed. The aggregate should meet approved polishing values.

4.2.3 GRADING

When tested in accordance to AASHTO T27 (ASTM C136) and AASHTO T11 (ASTM C117), the target (mix design) aggregate gradation (including the mineral filler) shall be within one of the following bands (or of one currently recognized by your local paving authority):

SIEVE SIZE	TYPE I PERCENT PASSING	TYPE II PERCENT PASSING	TYPE III PERCENT PASSING	STOCKPILE TOLERANCE
3/8 (9.5 mm)	100	100	100	
# 4 (4.75 mm)	100	90 - 100	70 - 90	± 5%
# 8 (2.36 mm)	90 - 100	65 - 90	45 - 70	± 5%
# 16 (1.18 mm)	65 - 90	45 - 70	28 - 50	± 5%
# 30 (600 um)	40 - 65	30 - 50	19 - 34	± 5%
# 50 (330 um)	25 - 42	18 - 30	12 - 25	± 4%
#100 (150 um)	15 - 30	10 - 21	7 - 18	± 3%
#200 (75 um)	10 - 20	5 - 15	5 - 15	± 2%

The job mix (target) gradation shall be within the gradation band for the desired type. After the target gradation has been submitted (this should be the gradation that the mix design is based on), then the percent passing each sieve shall not vary by more than the stockpile tolerance and still remain within the gradation band.

The aggregate will be accepted at the job location or stockpile. The stockpile shall be accepted based on five gradation tests according to AASHTO T2 (ASTM D75). If the average of the five tests is within the gradation tolerances, then the materials will be accepted. If the tests show the material to be out, the contractor will be given the choice to either remove the material or blend other aggregates with the stockpile material to bring it into specifications. Materials used in blending must meet the quality test before blending and must be blended in a manner to produce a consistent gradation. This may require a new mix design.

Screening shall be required at the stockpile if there are any problems created by having oversize materials in the mix.

4.3 MINERAL FILLER

Portland cement, hydrated lime, limestone dust, fly ash, or other approved filler meeting the requirements of ASTM D242 shall be used if required by the mix design. They shall be considered as part of the dry aggregate.

4.4 WATER

The water shall be free of harmful salts and contaminants.

4.5 ADDITIVES

Additives may be used to accelerate or retard the break-set of the slurry seal or to improve the resulting finished surface. The use of additives in the slurry mix (or individual materials) shall

be made initially in quantities predetermined by the mix design with field adjustments, if required, after approval by the B.A.R.

5. LABORATORY EVALUATION

5.1 GENERAL

Before work begins, the contractor shall submit a signed mix design covering the specific materials to be used on the project. This design will be performed by a laboratory who has experience in designing Emulsified Asphalt Slurry Seal Surfacing. After the mix design has been approved, no substitution will be permitted unless approved by the B.A.R.

ISSA can provide a list of laboratories experienced in testing slurry seal materials for mix designs.

5.2 MIX DESIGN

The contractor shall submit to the B.A.R. for approval a complete mix design prepared and certified by the laboratory. Compatibility of the aggregate, emulsion, mineral filler, and other additives shall be verified by the mix design. The mix design shall be made with the same aggregate gradation that the contractor will provide on the project.

Recommended tests and values are as follows:

ISSA TEST NO.	DESCRIPTION	SPECIFICATION
ISSA TB106	Slurry Seal Consistency	
ISSA TB-139 (For quick-traffic systems)	Wet Cohesion 30 Minutes Minimum (Set) Wet Cohesion 60 Minutes Minimum	12 kg-cm Minimum 20 kg-cm Minimum
ISSA TB109 (For heavy-traffic areas only)	Excess Asphalt by LWT Sand Adhesion	50 g/ft ² Maximum (538 g/m ² Maximum)
ISSA TB-114	Wet Stripping	Pass (90% Minimum)
ISSA TB-100	Wet-Track Abrasion Loss, One-hour Soak	75 g/ft ² (807 g/m ²)
ISSA TB-113	Mix Time**	Controllable to 180 Seconds Minimum

** The mixing test and set-time test should be performed at the highest temperatures expected during construction.

The Wet Track Abrasion Test is performed under laboratory conditions as a component of the mix design process. The purpose of this test is to determine the minimum asphalt content of a slurry system. The Wet Track Abrasion Test is not recommended as a field quality control or acceptance test.

The mixing test is used to predict how long the material can be mixed in the machine before it begins to break. It is more for information to be used by the contractor than for the quality of the end product. It is, however, a good field test to check for consistent sources of material, both emulsified asphalt and aggregate.

The laboratory shall also report the quantitative effects of moisture content on the unit weight of the aggregate (bulking effect). The report must clearly show the proportions of aggregate,

mineral filler (minimum and maximum), water (minimum and maximum), additive(s) (usage), and asphalt emulsion based on the dry weight of the aggregate.

All the component materials used in the mix design shall be representative of the materials proposed by the contractor to be used on the project.

The percentages of each individual material required shall be shown in the laboratory report. Adjustments may be required during the construction, based on the field conditions. The B.A.R. will give final approval for all such adjustments.

The B.A.R. shall approve the mix design and all slurry seal materials and methods prior to use. The component materials shall be within the following limits:

COMPONENT MATERIALS	LIMITS
Residual Asphalt	Type I: 10 - 16% Type II: 7.5 - 13.5% Type III: 6.5 - 12% (Based on dry weight of aggregate)
Mineral Filler	0.5 - 2.0% (Based on dry weight of aggregate)
Additives	As needed
Water	As needed to achieve proper mix consistency (Total mix liquids should not exceed the loose aggregate voids. ISSA T106 should be used to check optimum liquids.)

5.3 RATE OF APPLICATION

The slurry seal mixture shall be of proper consistency at all times so as to provide the application rate required by the surface condition. The average application rate, as measured by the B.A.R., shall be in accordance with the following table:

AGGREGATE TYPE	LOCATION	SUGGESTED APPLICATION RATE
Type I	Parking Areas Urban and Residential Streets Airport Runways	8 - 12 lb/yd ² (4.3 - 6.5 kg/m ²)
Type II	Urban and Residential Streets Airport Runways	10 - 18 lb/yd ² (5.4 - 9.8 kg/m ²)
Type III	Primary and Interstate Routes	15 - 22 lb/yd ² (8.1 - 12.0 kg/m ²)

Suggested application rates are based upon the weight of dry aggregate in the mixture. Application rates are affected by the unit weight of the aggregate, the gradation of the aggregate and the demand of the surface to which the slurry seal is being applied. ISSA Technical Bulletin 112 gives a method to determine expected application rates.

5.4 TOLERANCES

Tolerances for individual materials as well as the slurry seal mixture are as follows:

- a. After the designed residual asphalt content is determined, a plus or minus one percentage point variation will be permitted.

- b. The percentage of aggregate passing each sieve shall be within stockpile tolerance range as stated.
- c. The percentage of aggregate passing shall not go from the high end to the low end of the specified range of any two successive sieves.
- d. The slurry consistency shall not vary more than ± 2 inches (± 0.5 cm) from the job mix formula after field adjustments.
- e. The rate of application, once determined by the B.A.R., shall not vary more than ± 2 lb/yd² (± 1.1 kg/m²) while remaining within the design application rate.

6. EQUIPMENT

6.1 GENERAL

All equipment, tools, and machines used in performance of this work shall be maintained in satisfactory working condition at all times to ensure a high-quality product.

6.2 MIXING EQUIPMENT

The machine shall be specifically designed and manufactured to lay slurry seal. The material shall be mixed by a self-propelled, slurry seal mixing machine of either truck-mounted or continuous-run design. Continuous-run machines are those that are equipped to self-load materials while continuing to lay slurry seal. Either type machine shall be able to accurately deliver and proportion the aggregate, emulsified asphalt, mineral filler, control setting additive, and water to a revolving mixer and to discharge the mixed product on a continuous-flow basis. The machine shall have sufficient storage capacity for aggregate, emulsified asphalt, mineral filler, control additive and water to maintain an adequate supply to the proportioning controls.

The B.A.R. must decide which type of equipment best suits their specific project, and if that type of equipment is readily available and utilized in their area. Generally, truck-mounted machines or continuous-run machines may be used on similar projects. In some cases, truck-mounted machines may be more suited, i.e. cul-de-sacs, small narrow roadways, parking lots, etc. On major highways, interstates, etc., continuous-run equipment may be the desired choice due to the continuity of mix and the reduction of start-up joints.

If continuous run equipment is used, the machine shall be equipped to allow the operator to have full control of the forward and reverse speeds during application of the slurry seal. It shall be equipped with a self-loading device, opposite-side driver stations, and forward and reverse speed controls.

6.3 PROPORTIONING DEVICES

Individual volume or weight controls for proportioning each material to be added to the mix (i.e. aggregate, mineral filler, emulsified asphalt and additive) shall be provided and properly marked.

The proportioning devices are usually revolution counters or similar devices and are used in material calibration and determining the material output at any time.

6.4 SPREADING EQUIPMENT

The mixture shall be spread uniformly by means of a conventional surfacing spreader box attached to the mixer and equipped to agitate and spread the material evenly throughout the box. A front seal shall be provided to insure no loss of the mixture at the road contact point. The rear seal shall act as final strike-off and shall be adjustable. The spreader box and rear strike-off shall be so designed and operated that a uniform consistency is achieved to produce

a free flow of material to the rear strike-off. The spreader box shall have suitable means provided to side shift the box to compensate for variations in the pavement geometry. A burlap drag or other approved screed may be attached to the rear of the spreader box to provide a uniform, highly textured mat.

6.5 AUXILIARY EQUIPMENT

Suitable surface preparation equipment, traffic control equipment, hand tools, and any other support equipment shall be provided as necessary to perform the work.

7. CALIBRATION

Each mixing unit to be used in performance of the work shall be calibrated in the presence of the B.A.R. prior to construction. Previous calibration documentation covering the exact materials to be used may be acceptable, provided they were made during the calendar year. The documentation shall include an individual calibration of each material at various settings, which can be related to the machine's metering devices. No machine will be allowed to work on the project until the calibration has been completed and/or accepted.

8. WEATHER LIMITATIONS

The slurry seal shall not be applied if either the pavement or air temperature is below 50°F (10°C) and falling, but may be applied when both pavement and air temperatures are above 45°F (7°C) and rising. No slurry seal shall be applied when there is danger that the finished product will freeze before 24 hours. The mixture shall not be applied when weather conditions prolong opening to traffic beyond a reasonable time.

9. NOTIFICATION AND TRAFFIC CONTROL

9.1 NOTIFICATION

All homeowners and businesses affected by the paving shall be notified one day in advance of the surfacing. Suitable tow-away signs may be posted prior to the surfacing. Should work not occur on the specified day, a new notification will be distributed.

The notification shall be in a form of written posting, stating the time and date that the surfacing will take place.

9.2 TRAFFIC CONTROL

Suitable methods shall be used by the contractor to protect the slurry seal from damage from all types of vehicular traffic. Opening to traffic does not constitute acceptance of the work. The B.A.R. shall be notified of the methods to be used.

In areas that are subject to an increased rate of sharp-turning vehicles, additional time may be required for a more complete cure of the slurry seal mat to prevent damage. Slight tire marks may be evident in these areas after opening but will diminish over time with rolling traffic. If these areas are not severely rutted, they should be considered as normal characteristics of a slurry seal and should be accepted.

10. SURFACE PREPARATION

10.1 GENERAL

Immediately prior to applying the slurry seal, the surface shall be cleared of all loose material, oil spots, vegetation, and other objectionable material. Any standard cleaning method will be acceptable. If water is used, cracks shall be allowed to dry thoroughly before slurry surfacing. Manholes, valve boxes, drop inlets and other service entrances shall be protected from the slurry seal by a suitable method. The B.A.R. shall approve the surface preparation prior to surfacing.

10.2 TACK COAT

Normally, tack coat is not required unless the surface to be covered is extremely dry and raveled, or is concrete or brick. If required, the tack coat should consist of one part emulsified asphalt/three parts water. The emulsified asphalt should be the same as used in the mix. The distributor shall be capable of applying the dilution evenly at a rate of 0.05 to 0.10 gal/yd² (0.23 to 0.45 l/m²). The tack coat shall be allowed to cure before application of the slurry seal.

10.3 CRACKS

It is advisable to pre-treat cracks in the pavement surface with an acceptable crack sealer prior to application of the slurry seal.

11. APPLICATION

11.1 GENERAL

If required, it is recommended that a test strip be placed in conditions similar to those expected to be encountered during the project.

When required by local conditions, the surface shall be pre-wetted by fogging ahead of the spreader box.

The rate of application of the fog spray shall be adjusted during the day to suit temperature, surface texture, humidity, and dryness of the pavement.

The slurry seal shall be of the desired consistency upon leaving the mixer. A sufficient amount of material shall be carried in all parts of the spreader at all times so that a complete coverage is obtained. Overloading of the spreader shall be avoided.

No lumping, balling, or unmixed aggregate shall be permitted.

No streaks, such as those caused by oversized aggregate, shall be left in the finished surface. If excess oversize develops, the job will be stopped until the contractor proves to the B.A.R. that the situation has been corrected. Some situations may require screening the aggregate just prior to loading it into the units going from the stockpile area to the lay-down operation.

11.2 JOINTS

No excess buildup, uncovered areas, or unsightly appearance shall be permitted on longitudinal or transverse joints. The contractor shall provide suitable width-spreading equipment to produce a minimum number of longitudinal joints throughout the project. When

possible, longitudinal joints shall be placed on lane lines. Half passes and odd-width passes will be used only in minimum amounts. If half passes are used, they shall not be the last pass of any paved area. A maximum of six inches (6") (152 mm) shall be allowed for overlap of longitudinal lane line joints.

11.3 MIX STABILITY

The slurry seal shall possess sufficient stability so that premature breaking of the material in the spreader box does not occur. The mixture shall be homogeneous during and following mixing and spreading. It shall be free of excess water and emulsion and free of segregation of the emulsion and aggregate fines from the coarser aggregate. Spraying of additional water into the spreader box will not be permitted.

11.4 HANDWORK

Areas which cannot be reached with slurry seal machines shall be surfaced using hand squeegees to provide complete and uniform coverage. The area to be handworked shall be lightly dampened prior to mix placement and the slurry worked immediately.

Care shall be exercised to leave no unsightly appearance from handwork. The same type finish as applied by the spreader box shall be required. Handwork shall be completed during the machine applying process.

11.5 LINES

Care shall be taken to measure straight lines along curbs and shoulders. No run-off on these areas will be permitted. Lines at intersections will be kept straight to provide good appearance.

11.6 ROLLING

Rolling is usually not necessary for slurry seal surfacing on roadways. Airports and parking areas should be rolled by a self-propelled, 10-ton pneumatic roller with a tire pressure of 50 PSI (3.4 ATMS), equipped with a water spray system. The surfaced areas shall be subjected to a minimum of two (2) full coverage passes by the roller.

Rolling should not commence until the slurry has cured enough so that it will not pick up on the tires of the roller.

11.7 CLEANUP

All areas, such as man-ways, gutters and intersections, shall have the slurry seal removed as specified by the B.A.R. The contractor shall remove any debris associated with the performance of the work on a daily basis.

12. QUALITY CONTROL

12.1 INSPECTION

To insure quality, inspectors assigned to projects must be familiar with the materials, equipment and application of slurry seal.

Local conditions and specific project requirements must be considered when determining the parameters of field inspection.

12.2 MATERIALS

The contractor will permit the B.A.R. to take samples of the aggregate and asphalt emulsion used in the project at the B.A.R.'s discretion. Gradation and sand equivalent tests may be run on the aggregate and residual asphalt content tests on the emulsion. Test results will be compared to specifications. Tests will be run at the expense of the buyer.

The buyer must notify the contractor immediately if any test fails to meet the specifications.

12.3 SLURRY SEAL

Samples of the slurry seal will be taken directly from the slurry unit(s) at a minimum rate of one sample per mixing unit per each day's use. Consistency and residual asphalt content tests may be made on the samples and compared to the specifications. Tests will be run at the expense of the buyer. The buyer must notify the contractor immediately if any test fails to meet specifications.

The B.A.R. may use the recorders and measuring facilities of the slurry seal unit to determine application rates, asphalt emulsion content, mineral filler and additive(s) content for an individual load.

It is the responsibility of the contractor to check stockpile moisture content and to set the machine accordingly to account for aggregate bulking.

12.4 NON-COMPLIANCE

If any two successive tests fail on the stockpile material, the job shall be stopped. It is the responsibility of the contractor, at his own expense, to prove to the B.A.R. that the conditions have been corrected. If any two successive tests on the mix from the same machine fail, the use of the machine shall be suspended. It will be the responsibility of the contractor, at his own expense, to prove to the B.A.R. that the problems have been corrected and that the machine is working properly.

13. PAYMENT

The slurry seal shall be measured and paid for by the unit area or weight of aggregate and the weight of emulsion used on the work completed and accepted by the buyer. If paid by the weight of the aggregate and emulsion, the contractor shall submit to the B.A.R. a certified affidavit and delivery tickets which show quantities of each material delivered to the job site and used on the project.

The price shall be full compensation for furnishing all materials; for preparation, mixing and applying these materials; and for all labor, equipment, tools, test design, cleanup and incidentals necessary to complete and warrant the job as specified herein.

APPENDIX A

AGENCIES AND TEST METHODS

AGENCIES

AASHTO: American Association of State Highways and Transportation Officials
ASTM: American Society for Testing and Materials
ISSA: International Slurry Surfacing Association

AGGREGATE AND MINERAL FILLER

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TEST
AASHTO T2	ASTM D75	Sampling Mineral Aggregates
AASHTO T27	ASTM C136	Sieve Analysis of Aggregates
AASHTO T11	ASTM C117	Materials Finer than No. 200 in Mineral Aggregates
AASHTO 176	ASTM D2419	Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate
AASHTO T84	ASTM C128	Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate
AASHTO T19	ASTM C29	Unit Weight of Aggregate
AASHTO T96	ASTM C131	Resistance to Abrasion of Small-Size Coarse Aggregate by Use of the Los Angeles Machine
AASHTO T37	ASTM D546	Sieve Analysis of Mineral Filler
AASHTO T104	ASTM C88	Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate
-----	ASTM D242	Mineral Filler for Bituminous Paving Mixtures
AASHTO T127	ASTM C183	Sampling Hydraulic Cement

EMULSIFIED ASPHALT

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TEST
AASHTO T40	ASTM D140	Sampling Bituminous Materials
AASHTO T59	ASTM 244	Testing Emulsified Asphalt
AASHTO M140	ASTM D977	Specification for Emulsified Asphalt
AASHTO M280	ASTM D2397	Mixing, Setting and Water Resistance Test To Identify A Quick-Set Emulsified Asphalt

RESIDUE FROM EMULSION

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TEST
AASHTO T59	ASTM D244	Residue by Evaporation
AASHTO T49	ASTM C2397	Penetration 3.5 oz (100 gm) at 5 Seconds 77°F (25°C)

SLURRY SEAL SYSTEM

ASTM TEST NO.	ISSA TEST NO.	Test
-----	ISSA TB 101	Guide for Sampling Slurry Mix for Extraction Test
-----	ISSA TB 106	Measurement of Slurry Seal Consistency
-----	ISSA TB 109	Test Method for Measurement of Excess Asphalt in Bituminous Mixtures by Use of a Loaded-Wheel Tester
-----	ISSA TB 111	Outline Guide Design Procedure for Slurry Seal
-----	ISSA TB 112	Method of Estimate Slurry Seal Spread Rates and To Measure Pavement Macrotecture
-----	ISSA TB 114	Wet Stripping Test for Cured Slurry Seal Mixes
-----	ISSA TB 115	Determination of Slurry Seal Compatibility
-----	ISSA TB 139	Method of Classified Emulsified Asphalt, Aggregate Mixtures by Modified Cohesion Test Measurement of Set and Cure Characteristics
ASTM D3910	-----	Design, Testing, and Construction of Slurry Seal
ASTM D2172	-----	Quantitative Extraction of Bitumen for Bituminous Paving Mixtures

APPENDIX B
INSTRUCTIONS TO THE WRITER

- A. This specification is written as a guideline and should be used as such. It is not intended to be copied verbatim. The writer should thoroughly read the guideline and determine what is and is not applicable. Feel free to contact the ISSA for answers to any questions and also for a list of ISSA member contractors and companies who could assist.
- B. This specification is written to cover a conventional slurry seal system. It is not applicable to micro-surfacing. Consult the ISSA for information on modified systems.

TECHNICAL NOTES

- A. **#3.4 SLURRY SEAL:** To be sure all the water is removed from the slurry before running, ASTM D2172, ASTM D95 or ASTM D1461 should be run. Some laboratories have modified ASTM D95 to permit removing of the water and bitumen at the same time.
- B. **#4.1 EMULSIFIED ASPHALT:** The cement mixing test determines the emulsion mixability. However, this is best determined by the laboratory using the job materials rather than cement. Also, many emulsions designed especially for slurry seal will not pass the cement mixing test, yet give good results in the field.
- C. **#4.2.1 GENERAL:** It is recommended a 100 percent crushed material be used for airfields and major roadways. The use of natural, non-angular sand will give poor results. If materials are to be blended, be sure the contractor provides suitable means. Wet materials are difficult to blend. Materials with a great difference in unit weights are hard to blend. Where blended materials are used, stockpile sampling and testing should be increased.
- D. **#4.2.3 GRADING:** Select only one gradation. Experience has taught that it is better to limit the top sieve of each gradation (No. 8 - Type I; No. 4 - Type II; 3/8 - Type III) to 98 to 100 percent passing to improve surface appearance. The following is additional information on the three gradations:

Type I. This aggregate blend is used to fill surface voids and correct moderate surface conditions. It gives an approximate application rate of 8 to 12 lb/yd² (4.3 to 6.5 kg/m²) and a theoretical asphalt content of 10 to 16 percent based on dry aggregate weight. The fineness of this design provides it with the ability for crack penetration. A typical example of this type of slurry surface would be on areas where only protection from the elements is desired. If Type I gradation is used for streets, it is recommended that maximum poundage be required.

Type II. This aggregate blend is used when it is desired to fill surface voids, to correct severe surface conditions, and to provide sealing and a wearing surface. It gives an approximate application rate of 12 to 20*** lb/yd² (6.5 kg to 10.8 kg/m²) and a theoretical asphalt content of 7.5 to 13.5 percent based on the dry aggregate weight.

A typical example of this type of slurry surface would be on pavements with a medium-textured surface which would require this size aggregate to fill in the cracks and provide a minimum wearing surface. Another example would be placing a general slurry on flexible base, stabilized base, or soil cement as a sealer prior to final paving.

***For aggregates of ASG#2.65

Type III. This aggregate blend is used to give maximum skid resistance and an improved wearing surface. It is applied at a rate of 18*** lb/yd² (9.8 kg/m²) or more and a theoretical asphalt content of 6.5 to 12.0 percent based on dry aggregate weight. A typical example of this type of slurry surface is as the first or second course of a multiple-course slurry treatment on flexible base, stabilized base, or soil cement. Another example of this type of slurry surface would be on pavements that have highly textured surfaces and require this size aggregate to fill in the voids and provide an improved wearing surface.

- E. #4.3 MINERAL FILLER:** Mineral filler is required with most aggregates. Its use is normally 0.5 to 2.0 percent and is considered part of the aggregate. Mineral filler is primarily used to improve the homogeneity of the slurry seal.
- F. #4.5 ADDITIVES:** There are many types of additives being tried and used in slurry seal for slurry break and set control. Any additives used should be approved by the laboratory as part of the mix design. The slurry equipment should have 1) accurate means to meter the product into the mix and 2) instrumentation to measure the amount of material that has been added during any particular period.
- G. #5.2 LABORATORY REPORT:**
- ISSA T109**, the Loaded Wheel Test for Excessive Asphalt, is most applicable when the slurry seal is to be placed in areas receiving high volumes of traffic. For jobs where the slurry is only being placed on low volume areas, the test could be deleted.
- ISSA TB136** describes some of the items to watch for when performing the Wet-Track Abrasion Test.
- ISSA TB139** describes a method to classify emulsified asphalt/aggregate mixture systems as to set and cure characteristics by a Modified Cohesion Tester.
- ISSA Operation Bulletin 128** describes a method to determine the bulk effect of aggregate and how it relates to machine calibration.
- H. #6.2 SLURRY MIXING EQUIPMENT:** Counters, flow meters or totalizer meters are the most common instruments used on machines. They should be kept in good working order.
- I. #6.4 SLURRY SPREADING EQUIPMENT:** Some spreader boxes are equipped with one or more sets of augers to improve the distribution of the slurry seal in the spreader box. In some quick-set systems, these augers also keep the mix from breaking. The important thing is to have the slurry seal the proper consistency as it leaves the mixer and to not to add any water to the mix afterwards. Any type drag pulled behind the spreader box that has been stiffened by hardened slurry or asphalt is ineffective.
- J. #7 CALIBRATION:** ISSA Inspector's Manual describes a method of machine calibration. ISSA contractors and/or machine manufacturers have proven methods of machine calibration which can be provided.
- K. #7 VERIFICATION:** The consistency test is sometimes difficult to evaluate in the field, especially if the slurry is setting quickly. If run in the field, it must be performed immediately after the sample is taken. One method used to measure consistency is to take a stick and draw a line through the slurry immediately behind the spreader box. If the line stays, the slurry is at the proper consistency. If it fills up, the mix is not correct.

***For aggregates of ASG#2.65

Keeping the proper consistency should be one of the major areas of inspector concern. An improper mix will cause a number of problems. If mixes are too dry, streaking, lumping and roughness will be present in the mat. Mixes applied too wet will run excessively, not hold straight lane lines, and cause an asphalt-rich surface with segregation evident in the mat.

- L. **#10.2 TACK COAT:** When slurry is being placed over a brick, concrete, or other highly absorbent or polished surface, a one-part emulsion/three-part water tack coat of the same asphalt emulsion (if possible) type and grade as specified for the slurry is recommended. This can be applied with an asphalt distributor. The normal application rate is 0.05 to 0.10 gal./yd² (0.23 to 0.45 l/m²) of the diluted emulsion.
- M. **#11.5 LINES:** Many contractors use 15-lb (6.8-kg) black roofing paper to start and stop at intersections. This insures a straight line and leaves something to hold the excess slurry for easy removal.



International Slurry Surfacing Association
#3 Church Circle, PMB 250
Annapolis, MD 21401
(410) 267-0023
www.slurry.org

Recommended Performance Guidelines For Micro-Surfacing A143 (Revised) May 2005



NOTICE

It is not intended or recommended that these guidelines be used as verbatim specifications. They should be used as an outline, helping user agencies establish their particular project specifications. Users should understand that almost all areas vary as to the availability of materials. Efforts should be made to determine what materials are reasonably available, keeping in mind system compatibility and specific job requirements. Feel free to contact the ISSA for answers to any questions and also for a list of ISSA contractors and companies who could assist.

**International Slurry Surfacing Association
#3 Church Circle, PMB 250
Annapolis, MD 21401
(410) 267-0023
www.slurry.org**

© 2005 by International Slurry Surfacing Association
No reproduction of any kind may be made without written permission of ISSA.

RECOMMENDED PERFORMANCE GUIDELINES FOR MICRO-SURFACING

1. SCOPE

The intent of this guideline is to aid in the design, testing methods, quality control, measurement and payment procedures for the application of Micro-Surfacing.

2. DESCRIPTION

Micro-Surfacing is a mixture of polymer-modified asphalt emulsion, mineral aggregate, mineral filler, water, and other additives, properly proportioned, mixed and spread on a paved surface in accordance with a specification and as directed by the Buyers Authorized Representative (B.A.R.).

The mix should be capable of being spread in variable thick cross-sections (wedges, ruts, scratch courses and surfaces) which, after curing and initial traffic consolidation, resists compaction throughout the entire design tolerance range of bitumen content and variable thickness to be encountered. The end product should maintain a skid-resistant surface (high wet friction coefficient) in variable thick sections throughout the service life of the Micro-Surfacing.

The mix is to be a quick-traffic system, meaning that it will be able to accept traffic after a short period of time. The amount of time will vary from job to job and must be evaluated on an individual job basis. Normally, these systems have been required to accept rolling traffic on a one-half (1/2) inch (12.7 mm) thick surface within one hour after placement in +75°F (24°C) temperature and 50 percent or less humidity.

3. APPLICABLE SPECIFICATIONS

3.1 GENERAL

There are agencies and testing methods listed in the appendix (see Appendix A) which form a part of this guideline.

It is normally not required to run all referenced tests on every project. Some of the tests are expensive and take a substantial amount of time to conduct. If the materials to be used on the project have a past record of good performance, the requirements for testing may be decreased. Local paving authorities are often familiar with the materials and should be able to furnish information which would minimize the amount of testing required.

4. MATERIALS

4.1 EMULSIFIED ASPHALT

4.1.1 GENERAL

The emulsified asphalt shall be a quick-traffic, polymer-modified asphalt emulsion conforming to the requirements specified in AASHTO M208 or ASTM D2397 for CSS-1h. The cement mixing test shall be waived for this emulsion.

The polymer material shall be milled or blended into the asphalt or emulsifier solution prior to the emulsification process.

The minimum amount and type of polymer modifier shall be determined by the laboratory performing the mix design. The minimum amount required will be based on asphalt weight content and will be certified by the emulsion supplier. In general, a three percent (3%) polymer solids, based on asphalt weight, is considered minimum.

The five-day (5) settlement test may be waived, provided job stored emulsion is used within thirty-six (36) hours from the time of the shipment, or the stored material has had additional emulsion blended into it prior to use.

4.1.2 QUALITY TESTS

When tested according to the following tests, the emulsion shall meet the requirements of AASHTO M208 or ASTM D2397 for CSS-1h, plus the following:

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	QUALITY	SPECIFICATION
AASHTO T59	ASTM D244	Residue after Distillation	62% Minimum

The temperature for this test should be held below 280°F (138°C). Higher temperatures may cause the polymers to break down.

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TESTS ON RESIDUE	SPECIFICATION
AASHTO T53	ASTM D36	Softening Point	135°F (57°C) Minimum
AASHTO T49	ASTM 2397	Penetration at 77°F (25°C)	40 - 90*
	ASTM 2170	Kinematic Viscosity @ 275 °F (135°C)	650 cSt/sec. Minimum °F

* Climate conditions should be considered when establishing this band.

Each load of emulsified asphalt shall be accompanied with a Certificate of Analysis/Compliance to assure that it is the same as that used in the mix design.

4.2 AGGREGATE

4.2.1 GENERAL

The mineral aggregate used shall be of the type and grade specified for the particular use of the Micro-Surfacing. The aggregate shall be a manufactured crushed stone such as granite, slag, limestone, chat, or other high-quality aggregate, or combination thereof. To assure the material is totally crushed, 100 percent of the parent aggregate will be larger than the largest stone in the gradation to be used.

4.2.2 QUALITY TESTS

When tested according to the following tests, the aggregate should meet these minimum requirements:

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	QUALITY	SPECIFICATION
AASHTO T176	ASTM D2419	Sand Equivalent	65 Minimum
AASHTO T104	ASTM C88	Soundness	15% Maximum using Na_2SO_4 or 25% Maximum using $MgSO_4$
AASHTO T96	ASTM C131	Abrasion Resistance	30% Maximum

The abrasion test is to be run on the parent aggregate. The aggregate should meet state-approved polishing values. Proven performance may justify the use of aggregates that may not pass all of the above tests.

4.2.3 GRADING

When tested in accordance with AASHTO T27 (ASTM C136) and AASHTO T11 (ASTM C117), the target (mix design) aggregate gradation (including the mineral filler) shall be within one of the following bands (or one currently recognized by your local paving authority).

SIEVE SIZE	TYPE II PERCENT PASSING	TYPE III PERCENT PASSING	STOCKPILE TOLERANCE
3/8 (9.5 mm)	100	100	
# 4 (4.75 mm)	90 - 100	70 - 90	± 5%
# 8 (2.36 mm)	65 - 90	45 - 70	± 5%
# 16 (1.18 mm)	45 - 70	28 - 50	± 5%
# 30 (600 um)	30 - 50	19 - 34	± 5%
# 50 (330 um)	18 - 30	12 - 25	± 4%
#100 (150 um)	10 - 21	7 - 18	± 3%
#200 (75 um)	5 - 15	5 - 15	± 2%

The job mix (target) gradation shall be within the gradation band for the desired type. After the target gradation has been submitted (this should be the gradation that the mix design is based on), then the percent passing each sieve shall not vary by more than the stockpile tolerance shown in the above table for each individual sieve, and still remain within the gradation band. It is recommended that the percent passing shall not go from the high end to the low end of the range for any two consecutive screens.

The aggregate will be accepted at the job location stockpile or when loading into the support units for delivery to the lay-down machine. The stockpile shall be accepted based on five gradation tests according to AASHTO T2 (ASTM D75). If the average of the five tests are within the gradation tolerances, then the materials will be accepted. If the tests show the material to be out, the contractor will be given the choice to either remove the material or blend other aggregate with the stockpiled material to bring it into specification. Materials used in blending must meet the quality tests before blending and must be blended in a manner to produce a consistent gradation. If blending is used, it will require that a new mix design be performed.

Screening shall be required at the stockpile prior to delivery to the paving machine if there are any problems created by having oversize material in the mix.

4.3 MINERAL FILLER

Mineral filler, if required, shall be any recognized brand of non-air entrained Portland cement or hydrated lime that is free from lumps. It may be accepted upon visual inspection. The type and amount of mineral filler needed shall be determined by a laboratory mix design and will be considered as part of the aggregate gradation. An increase or decrease of less than one percent (1%) may be permitted when the Micro-Surfacing is being placed if it is found to be necessary for better consistency or set times.

4.4 WATER

The water shall be potable and free of harmful soluble salts or reactive chemicals and any other contaminants.

4.5 ADDITIVES

Additives may be added to the emulsion mix or any of the component materials to provide the control of the quick-traffic properties. They must be included as part of the mix design and be compatible with the other components of the mix.

5. LABORATORY EVALUATION

5.1 GENERAL

Before the work commences, the contractor shall submit a signed mix design covering the specific materials to be used on the project. This design will be performed by a laboratory which has experience in designing Micro-Surfacing. After the mix design has been approved, no substitution will be permitted, unless approved by the B.A.R.

ISSA can provide a list of laboratories experienced in Micro-Surfacing design.

5.2 MIX DESIGN

The contractor shall submit to the B.A.R. for approval a complete mix design prepared and certified by a laboratory. Compatibility of the aggregate, polymer-modified emulsion, mineral filler, and other additives shall be verified by the mix design. The mix design shall be made with the same aggregate gradation that the contractor will provide on the project. Recommended tests and values are as follows:

ISSA TEST NO.	DESCRIPTION	SPECIFICATION
ISSA TB-139	<u>Wet Cohesion</u>	
	@ 30 Minutes Minimum (Set)	12 kg-cm Minimum
	@ 60 Minutes Minimum (Traffic)	20 kg-cm Minimum or Near Spin
ISSA TB109	<u>Excess Asphalt by LWT Sand Adhesion</u>	50 g/ft ² Maximum (538 g/m ² Maximum)
ISSA TB-114	<u>Wet Stripping</u>	Pass (90% Minimum)
ISSA TB-100	<u>Wet-Track Abrasion Loss</u>	
	One-hour Soak	50 g/ft ² (538 g/m ²) Maximum
	Six-day Soak	75 g/ft ² (807 g/m ²) Maximum

The Wet Track abrasion test is performed under laboratory conditions as a component of the mix design process. The purpose of this test is to determine the minimum asphalt content of a slurry system. The Wet Track Abrasion Test is not recommended as a field quality control or acceptance test. Some systems require longer times for the asphalt to adhere to the stone. In these systems, a modified Marshall Stability Test (ISSA TB-148) or Hveem Cohesimeter Test (ASTM D 1560) has been used to confirm asphalt content.

ISSA TEST NO.	DESCRIPTION	SPECIFICATION
ISSA TB-147	<u>Lateral Displacement</u>	5% Maximum
	Specific Gravity after 1,000 Cycles of 125 Pounds (56.71 kg)	2.10 Maximum
ISSA TB-144	<u>Classification Compatibility</u>	11 Grade Points Minimum (AAA, BAA)
ISSA TB-113	<u>Mix Time @ 77°F (25°C)</u>	Controllable to 120 Seconds Minimum

The mixing test is used to predict how long the material can be mixed in the machines before it begins to break. It is more for information to be used by the contractor than for quality of the end product.

The mixing test and set-time test should be checked at the highest temperatures expected during construction.

The mix design should report the quantitative effects of moisture content on the unit weight of the aggregate (bulking effect). The report must clearly show the proportions of aggregate, mineral filler (minimum and maximum), water (minimum and maximum), additive usage, and polymer-modified asphalt emulsion based on the dry weight of the aggregate.

All the component materials used in the mix design shall be representative of the materials proposed by the contractor to be used on the project.

The percentages of each individual material required shall be shown in the laboratory report. Adjustments may be required during construction, based on field conditions. The B.A.R. will give final approval for all such adjustments.

COMPONENT MATERIALS	LIMITS
Residual Asphalt	5.5 to 10.5% (5) by dry weight of aggregate
Mineral Filler	0.0 to 3% by dry weight of aggregate
Polymer-Based Modifier	Minimum of 3% solids based on bitumen weight content
Additives	As needed
Water	As required to produce proper mix consistency

5.3 RATE OF APPLICATION

The Micro-Surfacing mixture shall be of the proper consistency at all times, so as to provide the application rate required by the surface condition. The average single application rate, as measured by the B.A.R., shall be in accordance with the following table:

AGGREGATE TYPE	LOCATION	SUGGESTED APPLICATION RATE
Type II	Urban and Residential Streets Airport Runways	10 - 20 lb/yd ² (5.4 - 10.8 kg/m ²)
Type III	Primary and Interstate Routes Wheel Ruts	15 - 30 lb/yd ² (8.1 - 16.3 kg/m ²) As Required (See Appendix B)

Suggested application rates are based upon the weight of dry aggregate in the mixture. Application rates are affected by the unit weight of the aggregate.

Micro-Surfacing is often put down in two full-width passes in place of rut-filling when the rutting or deformation is not severe. When two passes are used, the first pass (scratch course) is made using a metal or stiff rubber strike-off and applying only what the surface demands for leveling. The second course is applied at 15 - 30 lb/yd² (8.1 - 16.3 kg/m²).

6. EQUIPMENT

6.1 GENERAL

All equipment, tools, and machines used in the performance of this work shall be maintained in satisfactory working condition at all times to ensure a high-quality product.

6.2 MIXING EQUIPMENT

The machine shall be specifically designed and manufactured to lay Micro-Surfacing. The material shall be mixed by an automatic-sequenced, self-propelled Micro-Surfacing mixing machine, which shall be a continuous-flow mixing unit able to accurately deliver and proportion the aggregate, emulsified asphalt, mineral filler, control setting additive, and water

to a revolving multi-blade, double-shafted mixer and to discharge the mixed product on a continuous-flow basis. The machine shall have sufficient storage capacity for aggregate, emulsified asphalt, mineral filler, control additive and water to maintain an adequate supply to the proportioning controls. On major highways, the machine may be required to be a self-loading machine capable of loading materials while continuing to lay microsurfacing, thereby minimizing construction joints. If used, the self-loading machine shall be equipped to allow the operator to have full control of the forward and reverse speeds during applications of the Micro-Surfacing material and be equipped with opposite-side driver stations to assist in alignment. The self-loading device, opposite-side driver stations, and forward and reverse speed controls shall be original equipment manufacturer design.

6.3 PROPORTIONING DEVICES

Individual volume or weight controls for proportioning each material to be added to the mix (i.e. aggregate, mineral filler, emulsified asphalt, additive, and water) shall be provided and properly marked. These proportioning devices are used in material calibration and determining the material output at any time.

6.4 SPREADING EQUIPMENT

The mixture shall be agitated and spread uniformly in the surfacing box by means of twin-shafted paddles or spiral augers fixed in the spreader box. A front seal shall be provided to insure no loss of the mixture at the road contact point. The rear seal shall act as a final strike-off and shall be adjustable. The spreader box and rear strike-off shall be so designed and operated that a uniform consistency is achieved to produce a free flow of material to the rear strike-off. The spreader box shall have suitable means provided to side shift the box to compensate for variations in the pavement geometry.

6.4.1 SECONDARY STRIKE-OFF

A secondary strike-off shall be provided to improve surface texture. The secondary strike-off shall have the same adjustments as the spreader box.

6.4.2 RUT-FILLING BOX

When required on the plans, before the final surface course is placed, preliminary micro-surfacing material may be required to fill ruts, utility cuts, depressions in the existing surface, etc. Ruts of one-half (1/2) inch (12.7 mm) or greater in depth shall be filled independently with a rut-filling spreader box, either five foot (5) (1.5 m) or six foot (6) (1.8 m) in width. For irregular or shallow rutting of less than one-half (1/2) inch (12.7 mm) in depth, a full-width scratch-coat pass may be used as directed by the B.A.R. Ruts that are in excess of one and one-half (1-1/2) inches (38.1 mm) in depth may require multiple placements with the rut-filling spreader box to restore the cross-section. All rut-filling level-up material should cure under traffic for at least a twenty-four (24) hour period before additional material is placed on top of the level up.

6.5 AUXILIARY EQUIPMENT

Suitable surface preparation equipment, traffic control equipment, hand tools, and any other support and safety equipment shall be provided by the contractor as necessary to perform the work.

7. CALIBRATION

Each mixing unit to be used in the performance of the work shall be calibrated in the presence of the B.A.R. prior to construction. Previous calibration documentation covering the exact materials to be used may be acceptable, provided that no more than 60 days have lapsed. The documentation shall include an individual calibration of each material at various settings, which can be related to the machine metering devices. No machine will be allowed to work on the project until the calibration has been completed and/or accepted.

8. WEATHER LIMITATIONS

Micro-Surfacing shall not be applied if either the pavement or air temperature is below 50°F (10°C) and falling, but may be applied when both pavement and air temperatures are above 45°F (7°C) and rising. No Micro-Surfacing shall be applied when there is the possibility that the finished product will freeze within 24 hours. The mixture shall not be applied when weather conditions prolong opening to traffic beyond a reasonable time.

9. NOTIFICATION AND TRAFFIC CONTROL

9.1 NOTIFICATION

All homeowners and businesses affected by the construction shall be notified one day in advance of the surfacing. Suitable signs may be posted prior to the surfacing. Should work not occur on the specified day, a new notification will be distributed. The notification shall be in a form of a written posting, stating the time and date that the surfacing will take place.

9.2 TRAFFIC CONTROL

All traffic control devices shall be in accordance with State and Federal requirements and, further, shall conform to the requirements of the Manual on Uniform Traffic Control Devices. Suitable methods shall be used by the contractor to protect the Micro-Surfacing from damage from all types of vehicular traffic. Opening to traffic does not constitute acceptance of the work. The B.A.R. shall be notified of the methods to be used.

10. SURFACE PREPARATION

10.1 GENERAL

Immediately prior to applying the Micro-Surfacing, the surface shall be cleared of all loose material, silt spots, vegetation, and other objectionable material. Any standard cleaning method will be acceptable. If water is used, cracks shall be allowed to dry thoroughly before applying Micro-Surfacing. Manholes, valve boxes, drop inlets and other service entrances shall be protected from the Micro-Surfacing by a suitable method. The B.A.R. shall approve the surface preparation prior to surfacing. No dry aggregate either spilled from the lay-down machine or existing on the road, will be permitted.

10.2 TACK COAT

Normally, tack coat is not required unless the surface to be covered is extremely dry and raveled or is concrete or brick. If required, the tack coat should consist of one part emulsified asphalt/three parts water and should be applied with a standard distributor. The emulsified

asphalt should be SS or CSS grade. The distributor shall be capable of applying the dilution evenly at a rate of 0.05 to 0.10 gal/yd² (0.23 to 0.45 l/m²). The tack coat shall be allowed to cure sufficiently before the application of Micro-Surfacing. If a tack coat is to be required, it must be noted in the project plans.

10.3 CRACKS

It is advisable to pre-treat the cracks in the surface with an acceptable crack sealer prior to the application of the Micro-Surfacing.

11. APPLICATION

11.1 GENERAL

If required, it is recommended that a test strip be placed in conditions similar to those expected to be encountered during the project.

When required by local conditions, the surface shall be pre-wetted by fogging ahead of the spreader box. The rate of application of the fog spray shall be adjusted during the day to suit temperatures, surface texture, humidity, and dryness of the pavement.

The Micro-Surfacing shall be of the desired consistency upon leaving the mixer. A sufficient amount of material shall be carried in all parts of the spreader at all times so that a complete coverage is obtained. Overloading of the spreader shall be avoided. No lumping, balling, or unmixed aggregate shall be permitted.

No streaks, such as those caused by oversized aggregate, shall be left in the finished surface. If excess streaking develops, the job will be stopped until the contractor proves to the B.A.R. that the situation has been corrected. Excessive streaking is defined as more than four drag marks greater than one-half (1/2) inch wide (12.7 mm) and four inches (4) long (101 mm), or one inch (1) wide (25.4 mm) and three (3) inches long (76.2 mm), in any 29.9 yd² (25 m²) area. No transverse ripples or longitudinal streaks of one-fourth (1/4) inch in depth (6.4 mm) will be permitted, when measured by placing a ten (10) foot (3 m) straight edge over the surface.

11.2 JOINTS

No excess buildup, uncovered areas, or unsightly appearance shall be permitted on longitudinal or transverse joints. The contractor shall provide suitable-width spreading equipment to produce a minimum number of longitudinal joints throughout the project. When possible, longitudinal joints shall be placed on lane lines. Half passes and odd-width passes will be used only in minimum amounts. If half passes are used, they shall not be the last pass of any paved area. A maximum of three (3) inches (76.2 mm) shall be allowed for overlap of longitudinal lane line joints. Also, the joint shall have no more than a one-fourth (1/4) inch (6.4 mm) difference in elevation when measured by placing a ten (10) foot (3 m) straight edge over the joint and measuring the elevation drop-off.

11.3 MIX STABILITY

The Micro-Surfacing shall possess sufficient stability so that premature breaking of the material in the spreader box does not occur. The mixture shall be homogeneous during and following mixing and spreading. It shall be free of excess water or emulsion and free of segregation of the emulsion and aggregate fines from the coarser aggregate. Under no circumstances shall water be sprayed directly into the lay-down box while laying micro-surfacing material.

11.4 HANDWORK

Areas which cannot be reached with the mixing machine shall be surfaced using hand squeegees to provide complete and uniform coverage. If necessary, the area to be handworked shall be lightly dampened prior to mix placement. Care shall be exercised to leave no unsightly appearance from handwork. The same type of finish as applied by the spreader box shall be required.

11.5 LINES

Care shall be taken to ensure straight lines along curbs and shoulders. No runoff on these areas will be permitted. Lines at intersections will be kept straight to provide a good appearance. If necessary, a suitable material will be used to mask off the end of streets to provide straight lines. Edge lines shall not vary by more than ± 2 inches (± 50 mm) horizontal variance in any 96 feet (30 m) of length.

11.6 CLEAN-UP

All areas, such as man-ways, gutters, and intersections, shall have the Micro-Surfacing mix removed as specified by the B.A.R. The contractor shall, on a daily basis, remove any debris associated with the performance of the work.

12. METHOD OF MEASUREMENT

12.1 AREA

On smaller projects, the method of measurement and payment is usually based on the area covered, measured in square feet, square yards, or square meters.

12.2 TON AND GALLON

On larger projects of over 50,000 yd² (41,806 m²), measurement and payment are based on the ton of aggregate and the gallons (liters) of emulsified asphalt used.

The aggregate is measured by the actual weight delivered to the job lay-down site or is weighed on the job site with certified scales. Delivery tickets or printed weights shall be used for measurement. The emulsified asphalt used on the project will be measured by the certified tickets for each load delivered to the job site. Any emulsified asphalt not used or returned to the supplier shall be deducted from this quantity.

13. PAYMENT

The Micro-Surfacing shall be paid for by the unit area or the weight of the aggregate and the weight or gallons (liters) of emulsified asphalt used on the work and accepted by the B.A.R. The price shall be full compensation for furnishing all preparation; mixing and applying these materials; and for all labor, equipment, tools, test designs, cleaning, and incidentals necessary to complete the job as specified herein.

APPENDIX A

AGENCIES AND TEST METHODS

AGENCIES

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM American Society for Testing and Materials
ISSA International Slurry Surfacing Association

AGGREGATE AND MATERIAL FILLER

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TEST
AASHTO T2	ASTM D75	Sampling Mineral Aggregates
AASHTO T27	ASTM C136	Sieve Analysis of Aggregates
AASHTO T11	ASTM C117	Materials Finer than No. 200 in Mineral Aggregates
AASHTO 176	ASTM D2419	Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate
AASHTO T96	ASTM C131	Resistance to Abrasion of Small-Size Coarse Aggregate by Use of the Los Angeles Machine (This test should be performed on the parent rock that is used for crushing the finer gradation Micro-Surfacing material.)
AASHTO T104	ASTM C88	Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

EMULSIFIED ASPHALT

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TEST
AASHTO T40	ASTM D140	Sampling Bituminous Materials
AASHTO T59	ASTM 244	Testing Emulsified Asphalt
AASHTO M280	ASTM D2397	Specifications for Cationic Emulsion

RESIDUE FROM EMULSION

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TEST
AASHTO T59	ASTM D244	Residue by Evaporation (This test method may have to be modified by using lower temperatures.)
AASHTO T53	ASTM D36	Softening Point by the Use of Ring and Ball
AASHTO T49	ASTM C2397	Penetration 3.5 oz (100 gm) at 5 Seconds 77°F (25°C)

MIX DESIGN

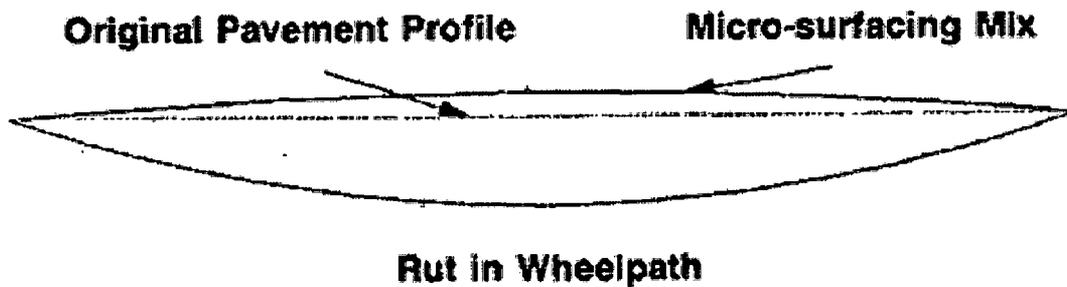
ASTM TEST NO.	ISSA TEST NO.	TEST
ASTM D6372-99a	-----	Standard Practice for Design, Testing and Construction of Micro-Surfacing
-----	ISSA TB 100	Test Method for Wet-Track Abrasion of Slurry Seals (This test is used to determine the minimum percent of asphalt in the mix.)
-----	ISSA TB 109	Excess Asphalt by LWT Sand Adhesion
-----	ISSA TB 113	Mix Time
-----	ISSA TB 114	Wet Stripping Test for Cured Slurry Seal Mixes
-----	ISSA TB 144	Classification Compatibility by Use of the Schulze-Breuer
-----	ISSA TB 148	Modification of Marshall Stability Test
ASTM D1560	-----	Hveem Cohesimeter

APPENDIX B

**REPROFILING RUTTED WHEELPATHS
WITH MICRO-SURFACING**

Rule of Thumb

For every inch of micro-surfacing mix, add one-eighth (1/8) inch (3.2 mm) to one-fourth (1/4) inch (6.4 mm) as a crown to allow for compaction under traffic.



Rut Depth		Microsurfacing Quantity Needed	
0.5 - 0.75"	(12.7 - 19.1 mm)	20 - 30 lb/yd ²	(10.8 - 16.3 kg/m ²)
0.75 - 1.00"	(19.1 - 25.4 mm)	25 - 35 lb/yd ²	(13.6 - 19.0 kg/m ²)
1.00 - 1.25"	(25.4 - 31.75 mm)	28 - 38 lb/yd ²	(15.2 - 20.6 kg/m ²)
1.25 - 1.5"	(31.75 - 38.1 mm)	32 - 40 lb/yd ²	(17.4 - 21.7 kg/m ²)

ISSA A143 (revised)
May 2005



International Slurry Surfacing Association
#3 Church Circle, PMB 250
Annapolis, MD 21401
(410) 267-0023
www.slurry.org